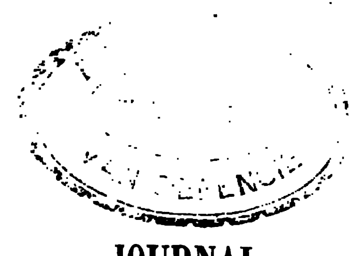






JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

Paris.—Imp. de H. V. de Surcy et Ce, rue de Sèvres, 37.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES

ET DE L'ÉTAT-MAJOR,

PUBLIÉ

SUR LES DOCUMENTS FOURNIS PAR LES OFFICIERS
DES ARMÉES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES,

PAR

J. CORRÉARD,
Ancien ingénieur.

TOME IX. — 3e SÉRIE.

PARIS,
LIBRAIRIE MILITAIRE, MARITIME ET POLYTECHNIQUE
DE J. CORRÉARD,
LIBRAIRE-ÉDITEUR ET LIBRAIRE-COMMISSIONNAIRE,
Rue Christine, 1.

1851

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

DE LA GUERRE

PAR

LE GÉNÉRAL CHARLES DE CLAUSEWITZ,

Traduction de M. le major d'artillerie NEUENS.

MOYENS STRATÉGIQUES D'UTILISER LA VICTOIRE.

La mission la plus difficile, celle de préparer le mieux possible la victoire, n'est qu'un mérite peu apparent de la stratégie ; c'est à peine s'il lui attire un éloge. Mais elle paraît éclatante et glorieuse en tirant parti de la victoire remportée.

Nous ne nous occuperons que plus tard d'examiner quel peut être le but spécial de la bataille, comment elle engrène dans tout le système de la guerre, jusqu'où peut s'étendre l'élan de la victoire suivant la nature des conjonctures, et où se trouve sa limite extrême. Mais pour toutes les situations concevables, il reste constaté que, sans la poursuite, aucune victoire ne peut procurer de grandes conséquences, et que l'élan de la victoire, quelque court qu'il soit, doit toujours conduire au delà des premiers pas de

la poursuite. Afin de ne pas devoir répéter ces choses à chaque instant, nous nous arrêterons pour un moment à cet avantage général et nécessaire du vainqueur.

La poursuite d'une armée battue commence à l'instant où, renonçant au combat, elle quitte le terrain. Tous les mouvements antérier s dans divers sens ne comptent pas, et n'appartiennent qu'à l'ordre de bataille lui-même. Ordinairement, dans l'instant ci-dessus désigné, la victoire est encore, sinon douteuse, du moins très-chétive, et ne constituerait guère d'avantage positif dans la série des événements, si elle n'était complétée par la poursuite de la première journée. C'est, comme nous l'avons déjà dit, dans cette poursuite, qu'on recueille la plupart des trophées qui donnent un corps à la victoire. Occupons-nous maintenant de cette poursuite.

Ordinairement les deux adversaires arrivent à la bataitle, avec les forces physiques de leurs troupes très-affaiblies, car les mouvements immédiatement antérieurs sont généralement empreints du caractère de l'urgence. Les efforts que coûte l'exécution d'une lutte prolongée, achèvent l'épuisement des forces. A cela s'ajoute encore que, chez le vainqueur lui-même, il n'existe pas beaucoup moins de confusion et d'altération de l'organisme primitif que chez le vaincu. Il éprouve donc le besoin de se remettre en ordre, de rallier les éléments dispersés, de

remplacer les munitions épuisées. Toutes ces circonstances placent le vainqueur lui-même dans l'état de crise dont nous avons parlé. Or, si les troupes battues ne constituent qu'une partie subordonnée de l'armée ennemie, pouvant être recueillie par celle-ci, ou pouvant en recevoir un renfort considérable, le vainqueur peut s'exposer au danger évident de payer cher sa victoire. Cette considération met bientôt un terme alors à la poursuite, ou du moins elle en modère considérablement la vivacité. Même lorsqu'il n'a pas à craindre des renforts considérables du côté de l'adversaire, le vainqueur trouve déjà, dans les circonstances de sa crise, un obstacle puissant à la rapidité de la poursuite. Il est vrai que, dans ce cas, il n'a pas à craindre que la victoire puisse lui être arrachée, mais des engagements désavantageux restent toujours possibles, et pourraient ternir l'éclat des succès réalisés. D'ailleurs, en ce moment, tout le poids des besoins et des faiblesses de l'homme physique se suspend à la volonté du général. Tous ces milliers d'hommes qui lui sont subordonnés éprouvent le besoin de se reposer et de se restaurer, désirent se débarrasser pour le moment du danger et des fatigues. Un petit nombre seulement forment exception, voient et sentent au delà des besoins du moment présent. Chez ceux-là, le courage et la liberté d'esprit sont assez grands, pour qu'après l'accomplissement du nécessaire, ils pensent encore aux suites de la victoire, qui, dans ce

moment, ne paraissent à la multitude qu'un embellissement du triomphe, une sorte de luxe. Mais toute cette multitude est représentée au conseil du général; car la hiérarchie du commandement sert de conducteur certain entre tous ces besoins de l'homme physique et le cœur du général en chef. Celui-ci lui-même est plus ou moins affaibli dans son activité intérieure par les fatigues physiques et morales qu'il a dû encourir, et c'est ainsi que par un motif purement fondé sur la nature humaine, il se fait souvent moins qu'il ne pourrait se faire. En général, ce qui s'effectue dépend uniquement de *la soif de gloire*, de l'*énergie*, et même quelque peu de la *dureté* du général en chef. C'est ainsi seulement qu'on peut s'expliquer la manière irrésolue dont nous voyons beaucoup de généraux poursuivre la victoire qui est résultée de leur supériorité. Nous limiterons la première poursuite à la première journée, y compris la nuit qui suit la victoire ; car au delà de cet intervalle, le besoin de repos commandera dans tous les cas un temps d'arrêt.

Or, la première poursuite a divers degrés naturels.

Elle peut s'opérer exclusivement au moyen de la cavalerie. Dans ce cas, le but est plutôt d'effrayer et d'observer que de pousser réellement l'ennemi; car le moindre obstacle du terrain suffit alors pour arrêter la poursuite. La cavalerie est efficace contre les masses isolées, lorsque les troupes sont ébranlées et affaiblies, mais, opposée à l'ensemble, elle redevient

arme accessoire. Car l'ennemi qui se retire peut employer ses réserves fraîches à couvrir sa retraite, et résister ensuite avec succès derrière le premier obstacle du terrain, en y réunissant toutes les armes. Il n'y a qu'une armée entièrement débandée et en fuite qui fasse exception sous ce rapport.

La poursuite est déjà plus énergique lorsqu'elle est exécutée par une forte avant-garde composée de toutes armes, en y comprenant naturellement la plus grande partie de la cavalerie. Une telle poursuite pousse ordinairement l'ennemi jusqu'à la première forte position occupée par son arrière-garde, ou jusqu'à la première position de son armée. Les occasions de ces positions ne sont pas très-nombreuses, et par conséquent la poursuite se prolonge plus que dans le cas précédent. Cependant elle ne dépasse généralement pas une couple de lieues, parce que, au delà, l'avant-garde ne se sentirait plus suffisamment soutenue.

La troisième forme de la poursuite est la plus énergique. Elle consiste dans la continuation de la marche en avant de l'armée victorieuse, aussi loin que ses forces le lui permettent. Dans ce cas, l'armée battue abandonnera en général les positions qu'elle trouvera l'occasion d'occuper, sur les simples préparatifs qu'on fera pour l'attaquer ou pour la tourner. Son arrière-garde s'engagera encore moins dans une défense opiniâtre.

Dans les trois cas, la nuit met fin à la poursuite,

lorsqu'elle intervient avant l'achèvement de tout l'acte. Les cas peu nombreux où la poursuite se continue toute la nuit, doivent être considérés comme des modifications d'une énergie rehaussée.

Si l'on se rappelle que dans les combats nocturnes tout est plus ou moins abandonné au hasard, et que d'ailleurs, à l'issue d'une bataille, l'ordre et l'ensemble sont plus ou moins altérés, on comprendra facilement la répugnance qu'éprouvent les deux généraux à continuer le combat au milieu de l'obscurité de la nuit. Lorsque l'ennemi vaincu n'est pas complétement en déroute, ou qu'une supériorité rare de l'armée victorieuse en vertu militaire n'assure pas le succès, on se fierait à peu près entièrement au sort. Or, cela n'est jamais de l'intérêt d'aucun général, fût-il le plus téméraire. En général, la nuit met donc un terme à la poursuite, même lorsque la décision de la bataille ne l'a précédée que de fort peu de temps. Il en résulte pour le vaincu la possibilité, ou de se rallier et de se reposer immédiatement, ou de gagner l'avance, s'il peut continuer la retraite pendant la nuit. Beaucoup des choses qui avaient souffert de la confusion, se sont déjà remises à leur place, les munitions ont été recomplétées, et toute l'armée a repris une forme quelque peu régulière. Si dans cette situation il a encore affaire au vainqueur, ce sera pour soutenir un nouveau combat, non le prolongement du premier; et quoiqu'il ne puisse guère espérer un succès absolu de ce nouveau

combat, cela ne se bornera du moins plus pour le vainqueur à ramasser les débris d'une armée en déroute.

D'après cela, dans les cas où le vainqueur peut se permettre d'effectuer la poursuite, même durant la nuit, ne fût-ce qu'au moyen d'une forte avant-garde composée de toutes armes, l'effet de la victoire s'en trouvera extraordinairement rehaussé. Les batailles de Leuthen et de Waterloo en offrent des exemples.

Toute la poursuite n'est au fond qu'une opération tactique, et nous ne nous y arrêtons que pour faire concevoir plus nettement les différences qui peuvent en résulter dans le résultat de la victoire.

Cette première poursuite jusqu'à la halte la plus prochaine, est un droit de tout vainqueur, et n'a guère de connexion avec ses projets et ses rapports ultérieurs. Ceux-ci peuvent considérablement amoindrir les résultats positifs d'une victoire remportée par la masse des forces, mais ils ne peuvent nullement en empêcher ce *premier emploi*. Du moins les cas où cela pourrait se concevoir, doivent être tellement rares que leur influence sur la théorie peut être considérée comme nulle. Sous ce rapport encore, on doit reconnaître que l'exemple des dernières guerres a ouvert une nouvelle carrière à l'énergie. Les anciennes guerres qui reposaient sur une base plus étroite, qui étaient circonscrites par des limites moins vastes, présentaient en plusieurs autres points, et particulièrement aussi quant à la poursuite, des

restrictions de convention, nullement nécessaires. L'*honneur*, le *prestige* de la victoire, paraissaient tellement la chose essentielle aux généraux, qu'ils s'occupaient très secondairement de la destruction des forces ennemies. Cette destruction ne leur apparaissait que comme l'un des moyens nombreux de la guerre, non le principal, et encore beaucoup moins l'unique de ces moyens. Ils s'empressaient donc de rengaîner dès que l'adversaire inclinait son épée. Rien ne leur paraissait plus naturel que d'interrompre la lutte dès que la décision était prononcée. Verser du sang au delà, leur eût semblé une cruauté gratuite. Si cette fausse philosophie ne motivait pas toute la résolution, elle fournissait du moins le point de vue qui facilitait l'accueil et l'influence des suggestions concernant l'épuisement des forces, et l'impossibilité physique de continuer le combat.

Sans doute on est assez porté à ménager l'instrument de ses victoires, quand on n'en possède pas d'autre, et qu'on prévoit qu'il ne pourra déjà pas suffire à tout ce qui reste à accomplir. C'est le cas qui se présente en général dans tous progrès de l'offensive. Cependant ce calcul est faux en ce sens, qu'évidemment les nouvelles pertes que la poursuite peut causer au vainqueur, sont tout à fait disproportionnées comparativement à celles du vaincu. C'est donc encore là une considération qui ne pouvait provenir que de ce qu'on ne considérait pas la destruction des forces combattantes comme le résultat essentiel. Nous trouvons

donc, que dans les guerres antérieures il n'y eut que les vrais héros comme Charles XII, Marlborough, Eugène, Frédéric le Grand, qui surent donner à leurs victoires, lorsqu'elles étaient suffisamment décidées, le complément nécessaire d'une poursuite vigoureuse. Les autres généraux se sont généralement contentés de la possession du champ de bataille.

A une époque plus récente, l'énergie supérieure que la gravité des circonstances avait communiquée à la conduite de la guerre, a anéanti ces barrières conventionelles. La poursuite est devenue une opération principale du vainqueur, et les trophées s'en sont accrus considérablement. Si l'on voit encore de notre temps des batailles où il n'en est pas ainsi, c'est qu'elles forment exception, et dépendent de motifs spéciaux.

A Gorschen et à Bautzen, la supériorité de la cavalerie alliee empêcha seule une défaite complète ; à Gross-Beeren et à Dennewitz, ce fut le mauvais vouloir du prince héréditaire de Suède, à Laon ce fut l'état d'infirmité personnelle du vieux Blücher.

Mais la bataille de la Moskowa nous fournit encore un exemple qui doit être cité ici. Nous ne pouvons nous empêcher d'en dire quelques mots, d'abord parce que nous ne croyons pas que tout soit dit là-dessus, lorsqu'on a blâmé Napoléon, et ensuite parce qu'il pourrait sembler que ce cas, ainsi que maint autre analogue, doive être compté parmi ceux que nous avons dit être fort rares, et où l'ensemble de la

situation saisit et paralyse déjà le général à l'issue même de la bataille. Des auteurs français, d'ailleurs grands admirateurs de Napoléon (Vaudoncourt, Chambray, Ségur), l'ont positivement blâmé de ne pas avoir chassé l'armée russe du champ de bataille, et de ne pas avoir employé ses dernières forces à la détruire complétement, parce qu'alors, ce qui maintenant n'a été qu'une bataille perdue, serait devenu une déroute complète. Exposer ici et en détail la situation réciproque des deux armées, nous conduirait trop loin. Mais il est clair du moins, que Napoléon qui, en passant le Niémen, avait eu 300 mille hommes dans les corps qui ont combattu sur la Moskowa, et à qui il n'en restait plus que 120 mille, pouvait bien craindre de n'en plus conserver assez pour pouvoir marcher sur Moscou ; or, Moscou était le point dont tout semblait devoir dépendre. Une victoire comme celle qu'il venait de remporter, lui donnait à peu près la certitude de prendre cette capitale ; car il paraissait contraire à la probabilité que les Russes pussent livrer une seconde bataille avant huit jours. Et avec Moscou, Napoléon espérait tenir la paix. Sans doute, la destruction d'une armée russe aurait rendu cette paix beaucoup plus certaine, mais la première condition était cependant d'arriver, et d'arriver avec une force suffisante pour paraître en dominateur dans la capitale, et par elle à l'empire et au gouvernement. Ce qu'il conduisit en forces jusqu'à Moscou ne suffisait déjà plus à ce résultat,

ainsi que la suite le fit voir. Mais à plus forte raison en eût-il été ainsi, si, en cherchant à détruire l'armée russe il avait en même temps détruit aussi la sienne. Napoléon sentait tout cela parfaitement, et à nos yeux sa conduite paraît pleinement justifiée. Néanmoins, ce cas ne doit pas compter encore parmi ceux, où la situation générale interdit au chef la première poursuite due à la victoire. En effet, à la bataille de la Moskowa il ne pouvait encore être question de poursuite. La victoire était décidée à 4 heures après midi, mais les Russes occupaient encore la plus grande partie du champ de bataille; ils ne voulaient pas encore l'abandonner, et auraient, si l'attaque s'était renouvelée, opposé une résistance opiniâtre. Naturellement cela les eût conduits à une déroute complète, mais par contre, cela eût encore coûté beaucoup de sang à l'adversaire. La bataille de la Moskowa est donc une de celles qui n'ont pas été parachevées. A Bautzen, ce fut le vaincu qui préféra quitter le premier le champ de bataille. Sur la Moskowa, ce fut le vainqueur qui préféra se contenter d'une victoire incomplète, non pas que le résultat lui parût douteux, mais parce qu'il n'était pas assez riche pour le payer tout entier.

Si nous retournons à notre objet, nous conclurons relativement à la première poursuite : que l'*énergie de cette poursuite détermine principalement la valeur de la victoire;* que cette poursuite est le second acte de la victoire, souvent le plus important des deux, et que la stratégie, en s'approchant de la tactique pour

en recevoir l'œuvre accomplie, exerce son premier acte d'autorité en exigeant ce complément de la victoire.

Mais cette première poursuite elle-même ne sert que dans les cas les plus rares de limite à l'effet de la victoire; elle ne constitue que le mouvement initial dans la carrière dont la victoire a fourni l'élan. L'étendue de cette carrière se modifie comme nous l'avons déjà dit, suivant les autres rapports de la situation, et dont, pour le moment il ne peut être question. Cependant nous examinerons ici, ce qui dans la poursuite présente un caractère général, afin de ne pas devoir le répéter à chaque occasion qui s'en présentera.

Dans la continuation de la poursuite, on distingue de nouveau trois degrés. On suit simplement l'ennemi, on le pousse ou bien on marche sur une direction parallèle à sa retraite afin de le couper.

Lorsque l'ennemi est simplement suivi, il se retire jusqu'à ce qu'il croit pouvoir nous offrir un nouveau combat. Cette forme de la poursuite peut donc suffire à épuiser tout l'avantage de la victoire, et de plus, elle nous fait tomber dans les mains tout ce que l'ennemi est obligé d'abandonner en blessés, en malades, en traînards, en bagages et en voitures de toute espèce. Mais, par cette simple prosécution directe, on n'augmente pas l'état de désorganisation chez l'ennemi, comme on l'obtient par les deux autres degrés de la poursuite.

Au lieu de nous contenter de suivre l'ennemi en prenant tous les jours son camp de la veille, et en n'occupant que tout juste autant de terrain qu'il nous en abandonne, nous pouvons nous arranger de manière à en exiger chaque fois un peu plus, faire attaquer par notre avant-garde, convenablement composée à cet effet, son arrière-garde chaque fois qu'elle essaie de prendre position. De cette manière nous produirons une accélération dans le mouvement de l'ennemi, et nous en activerons la désorganisation. Ce dernier résultat naîtra principalement du caractère de fuite sans repos, qui sera imprimé ainsi à sa retraite. Rien ne produit sur le soldat une impression plus fâcheuse, que quand, prêt à se livrer au repos après une marche fatigante, il entend déjà de nouveau le canon de l'ennemi. Si cette impression se répète tous les jours pendant un certain temps, elle peut aboutir à une terreur panique. En effet, cette situation implique un aveu continuel de soumission à la loi de l'adversaire, et l'impuissance de lui résister; or, cette conviction ne peut qu'ébranler au plus haut degré le moral de l'armée. L'efficacité de cette poursuite accélérée parvient à son maximum, lorsqu'elle va jusqu'à forcer l'ennemi à exécuter des marches de nuit. Lorsque le vainqueur donne au soleil couchant l'alerte à l'armée battue où à son arrière-garde, en la chassant du camp qu'elle s'était choisi, le vaincu doit ou faire une marche formelle de nuit, ou déplacer son gîte pendant la nuit en le

reculant, ce qui produit à peu près le même effet. Le vainqueur au contraire passe une nuit tranquille.

La coordination des marches et le choix des positions dépendent dans ce cas aussi d'une foule d'autres objets, surtout des conditions d'entretien des troupes, des forts obstacles du terrain, des grandes villes, etc. Il y aurait donc de la puérilité à vouloir montrer par une analyse géométrique, comment celui qui poursuit peut, parce qu'il impose la loi, contraindre constamment celui qui est poursuivi à marcher pendant la nuit, tout en reposant lui-même pendant ce temps. Néanmoins il est vrai, et il est bon à savoir que les dispositions de marche de la poursuite peuvent avoir cette tendance, et rehausser alors considérablement les effets de la poursuite. Si, dans la pratique on a rarement égard à cette circonstance, cela tient à ce qu'un tel procédé présente aussi plus de difficultés à l'armée poursuivante, qu'un simple maintien des étapes et des heures régulières. Se mettre en route de bonne heure, arriver en position vers midi, employer le restant de la journée aux occupations qu'imposent les divers besoins de l'armée et reposer la nuit, c'est là une méthode bien plus commode, que de régler exactement ses mouvements sur ceux de l'ennemi ; car cela suppose qu'on ne les détermine qu'au dernier moment, qu'on se mettra en route tantôt le matin tantôt le soir, qu'on se trouvera fréquemment plusieurs heures en face de l'ennemi, qu'on échangera avec lui des coups de canon

et des fusillades, qu'on exécutera des mouvements pour le tourner, bref qu'on déploiera tout l'appareil des mesures tactiques que cela rend nécessaire. Or, ces labeurs pèsent naturellement d'un poids considérable sur l'armée qui poursuit, et à la guerre où les fatigues sont déjà si nombreuses, les hommes sont toujours portés à se débarrasser de celles qui ne paraissent pas absolument indispensables. Ces considérations conservent leur vérité, qu'on les applique soit à l'armée entière, soit au cas ordinaire qui est celui d'une forte avant-garde. Par suite des motifs qui viennent d'être indiqués, on voit donc rarement se réaliser cette poursuite au second degré, cette pression continuelle de la part du vainqueur.

Napoléon lui-même s'en est peu servi dans la campagne de Russie, en 1812, par le motif très évident, dans ce cas, que les difficultés et les misères de cette campagne menaçaient déjà, sans cela, son armée d'une destruction entière, avant qu'elle ne pût arriver au but. Dans leurs autres campagnes, les Français se sont, au contraire, distingués, en ce point aussi, par une énergie remarquable.

Le troisième et le plus efficace des degrés de la poursuite, consiste dans la marche parallèle vers le but le plus prochain de la retraite.

Toute armée battue aura naturellement derrière elle un point plus ou moins éloigné qu'elle désirera avant tout d'atteindre, soit parce que, dans le cas contraire, sa retraite pourrait être compromise,

comme dans le cas de défilés; soit qu'il importe pour le point lui-même qu'on l'atteigne avant l'ennemi, comme lorsque c'est une capitale, un magasin, etc.; soit enfin que l'armée puisse, au moyen de ce point, accroître sa résistance, comme dans le cas de positions fortes, de jonction avec d'autres corps, etc.

Or, si le vainqueur dirige sa marche sur ce point par une route latérale, on conçoit facilement combien cela peut hâter d'une manière désastreuse la retraite du vaincu, la convertir en course, et enfin en fuite complète. Le vaincu n'a que trois moyens pour obvier à ce résultat.

Le premier consiste à se jeter sur l'ennemi et à se procurer la probabilité d'un succès par l'imprévu de l'attaque; car, d'après la situation de celui qui se retire, cette probabilité manque en général. Ce moyen suppose évidemment un général hardi et entreprenant, et une excellente armée, vaincue mais non défaite. Cette ressource se trouvera donc assez rarement à la disposition du vaincu.

Le second consisterait à hâter la retraite. Mais c'est là précisément ce que veut le vainqueur. Cela mène facilement à une fatigue outrée des troupes, et fait éprouver des pertes inouïes en traîneurs, en bouches à feu et en voitures de toutes espèces.

Le troisième moyen consiste à faire un détour, afin d'éviter les points les plus rapprochés où l'on pourrait être coupé, de marcher plus à l'aise à une plus grande distance de l'ennemi, et de rendre ainsi la célérité

du mouvement moins désastreuse. Ce dernier moyen est le plus mauvais des trois. Il ressemble à un nouvel emprunt contracté par un débiteur insolvable, et ne peut que conduire à des embarras plus grands. Il peut cependant se présenter des cas particuliers où il doit être préféré, d'autres, où c'est le seul qui reste; il y a même des exemples où il a réussi. Cependant, en général, il est certain que c'est moins la conviction nette d'atteindre plus sûrement le but par cette voie, qu'un autre motif inadmissible qui pousse à l'adopter. Ce motif est la crainte d'en venir aux mains avec l'ennemi. Malheur au général qui s'y abandonne! Quel que soit l'affaiblissement moral de l'armée, quelque fondée que soit la crainte d'avoir sous ce rapport le désavantage dans un conflit avec 'ennemi, on ne fait cependant qu'augmenter le mal en évitant anxieusement toute occasion de rencontre. Napoléon n'aurait pas pu, en 1813, faire repasser le Rhin aux 30 à 40 mille hommes qui lui restèrent après la bataille de Hanau, s'il avait voulu éviter cette bataille et passer le Rhin à Manheim où à Coblentz. C'est précisément par de petits combats introduits et conduits avec soin, et dans lesquels le vaincu peut encore s'aider de l'avantage du terrain, parce qu'il est sur la défensive, c'est par ces combats, disons-nous, *que la force morale de l'armée peut surtout être relevée*.

Il est incroyable combien le moindre succès exerce un effet salutaire dans ces cas. Mais la plupart des

généraux sont obligés de vaincre leur répugnance pour oser tenter cette voie. L'autre moyen, celui de se détourner, paraît au premier coup d'œil si préférable par sa facilité, qu'en général on le choisit. Or, c'est précisément là ce qui cadre le mieux avec les intentions du vainqueur, et ce qui mène souvent à la perte complète du vaincu. Nous devons rappeler, toutefois, qu'il s'agit de toute l'armée, et non d'une subdivision coupée, qui cherche à rejoindre la masse principale au moyen d'un détour. Dans ce dernier cas les circonstances sont différentes, et il n'est pas rare de voir réussir le mouvement.

Mais une condition nécessaire de cette poursuite qui prend la forme d'une course au clocher de deux armées vers le but de la retraite, c'est que le vainqueur fasse en même temps suivre directement, par une partie de son armée, la route par laquelle le vaincu se retire. Cette subdivision recueille tout ce qui est abandonné dans la retraite, et doit entretenir l'impression que la présence de l'ennemi ne manque pas de produire. Voilà ce que Blücher a négligé dans sa poursuite, qaunt au reste irréprochable, de Waterloo jusqu'à Paris.

Il va sans dire que de telles marches affaiblissent également l'armée qui exerce la poursuite; elles ne seraient donc pas prudentes, si l'armée ennemie devait être recueillie par une autre armée considérable, si elle avait un général distingué à sa tête, et si sa désorganisation n'était pas déjà très avancée. Mais

lorsque ce moyen peut être employé il agit aussi comme un grand levier. L'armée battue éprouve alors des pertes si sensibles en malades et en traîneurs, et son esprit est tellement abattu par la crainte continuelle d'être perdue, qu'à la fin le général qui est à sa tête peut à peine s'arrêter à la pensée d'une résistance régulière. Chaque jour on enlève, sans coup férir, des milliers de prisonniers.

Durant cette veine de succès sans bornes, le vainqueur ne doit pas hésiter à se diviser, afin d'entraîner dans le torrent tout ce que son armée peut atteindre, de couper des détachements, d'enlever des places fortes non armées, d'occuper de grandes villes, etc. Il peut tout se permettre jusqu'au moment où une nouvelle situation se développe, et plus il osera, plus cette nouvelle situation sera retardée.

Les guerres de Napoléon ne manquent pas d'exemples de ces résultats brillants, produits par de grandes victoires et des poursuites exécutées sur une grande échelle. Nous n'avons qu'à citer les batailles d'Iéna, de Ratisbonne, de Leipsig et de Waterloo.

—

RETRAITE APRÈS UNE BATAILLE PERDUE.

La perte de la bataille a brisé les forces de l'armée, et plus encore la force morale que la force physique. Une seconde bataille, à moins qu'elle ne fût favorisée par des circonstances nouvelles, conduirait à une défaite complète, peut-être à l'anéantissement : c'est là un axiome militaire. D'après la nature des choses, la retraite se continue jusqu'au point où l'équilibre des forces s'est rétabli, soit par des renforts, soit par la protection de places fortes considérables, soit par de grands obstacles du terrain, soit encore par l'extension que le vainqueur a donnée à ses forces. La grandeur des pertes éprouvées, et celle de la défaite, rapprocheront ou éloigneront cet instant de l'équilibre; mais le caractère de l'adversaire influera encore davantage là-dessus. Il existe des exemples nombreux

de batailles perdues après lesquelles l'armée battue s'est ralliée et a pris position à une petite distance, et sans que rien ne fût venu modifier sa condition depuis la bataille. Le motif consiste, soit dans l'insuffisance morale de l'adversaire, soit en ce que la prépondérance acquise dans la bataille n'était pas assez grande pour conduire à un effet soutenu.

Pour tirer parti de ces faiblesses et de ces fautes d'un adversaire, il importe de ne pas céder un pouce de terrain au delà de ce que les circonstances exigent. Il est surtout nécessaire, pour maintenir un rapport aussi avantageux que possible entre les forces morales réciproques, d'opérer une retraite lente et graduelle accompagnée de résistance, de hardis retours offensifs, chaque fois que l'ennemi essaie de tirer trop de parti de son rôle de vainqueur. Les retraites opérées par les grands généraux et les armées rompues à la guerre, ressemblent toujours au départ d'un lion blessé : c'est aussi ce genre de retraite qui satisfait le mieux à la théorie.

Il est vrai qu'au moment de se dégager d'une situation critique, il faut éviter de vaines formalités qu'on a quelquefois remarquées ; elles font perdre du temps et deviennent dangereuses. Car, dans ce cas, il s'agit avant tout de se tirer d'affaire au plus vite. Les généraux expérimentés regardent ce principe comme très important. Mais les cas de cette espèce ne doivent pas être confondus avec la retraite ordinaire après une bataille perdue.

On se tromperait grandement si l'on croyait, dans ce cas, gagner de l'avance au moyen de quelques marches forcées, et arriver ainsi plus facilement à prendre position. Les premiers mouvements doivent, au contraire, être aussi petits que possible, et, en général, on doit prendre pour principe de ne pas pas se laisser imposer la loi par le vainqueur. On ne peut se conformer à ce principe sans avoir des combats sanglants à soutenir contre l'ennemi qui nous presse; mais le principe mérite ce sacrifice. Sans cela on en arrive à un mouvement accéléré, qui devient bientôt une course, et coûte alors plus d'hommes, ne fût-ce qu'en traîneurs, que n'en eussent coûté les combats d'arrière-garde; bien plus, les derniers restes de courage s'éteignent.

Une forte arrière-garde, composée des meilleures troupes, commandée par le général le plus vaillant, et qu'on fait soutenir par le reste de l'armée dans les moments décisifs; un emploi bien raisonné du terrain, de fortes embuscades, répétées aussi souvent que l'audace de l'avant-garde ennemie et les circonstances locales y invitent; bref, les préliminaires et les dispositions de petites batailles en règle : voilà les moyens de se conformer au principe en question.

Les difficultés de la retraite sont naturellement plus ou moins grandes, suivant que la bataille a été livrée dans des conjonctures plus ou moins défavorables, et suivant qu'elle a été plus ou moins long-

temps disputée. Les batailles d'Iéna et de Waterloo font voir comment on peut perdre toute chance d'une retraite régulière, lorsqu'on pousse la résistance contre un adversaire supérieur, jusqu'à sacrifier son dernier homme.

Il s'est trouvé des gens qui ont conseillé (Bulow) de se diviser pour opérer la retraite, et de marcher suivant des directions divergentes. Il ne s'agit pas ici de la division qu'on opère pour faciliter les mouvements, et qui n'exclut ni l'intention ni la possibilité du combat commun. Or, toute autre division est contraire à la nature des choses, et constituerait une grande faute. Toute bataille perdue forme un principe d'affaiblissement et de désorganisation, et le premier des besoins, c'est de se réunir, afin de retrouver dans la concentration l'ordre, le courage, la confiance. L'idée d'inquiéter l'ennemi sur ses deux flancs par des masses divisées, au moment où il poursuit sa victoire, est parfaitement illusoire. Une telle manœuvre réussirait tout au plus à imposer à quelque pédant timide qui nous serait opposé ; dans ce cas, cela peut réussir ; mais lorsqu'on n'est pas bien sûr de cette faiblesse de son adversaire, il vaut mieux de ne pas tenter pareille chose. Si la situation stratégique exige qu'après la bataille on se couvre à droite et à gauche par des masses divisées, il ne faut le faire qu'autant que les circonstances le rendent indispensable, et *cette séparation doit toujours être*

considérée comme un mal. D'ailleurs, il sera rarement possible d'opérer déjà cette séparation le jour même après la bataille.

Si Frédéric le Grand se retira en trois colonnes après la bataille de Collin et la levée du siége de Prague, il ne le fit pas par choix, mais parce que la position de ses forces et le besoin de couvrir la Saxe ne lui permettaient pas de faire autrement. Après la bataille de Brienne, Napoléon fit diriger Marmont sur l'Aube, tandis que lui-même passa la Seine en se tournant vers Troyes. S'il n'eut pas lieu de s'en repentir, cela tint uniquement à ce que les alliés, au lieu de poursuivre, se divisèrent également en se tournant avec une partie (sous Blücher) vers la Marne, et en avançant très lentement avec l'autre (sous Schwarzenberg) de crainte d'être trop faibles.

—

COMBAT NOCTURNE.

La direction et les détails d'exécution du combat nocturne sont du ressort de la tactique. Nous ne nous en occupons ici qu'à raison de sa spécialité comme moyen stratégique.

Au fond, toute attaque nocturne n'est qu'une surprise d'un degré supérieur. Au premier coup d'œil une pareille attaque paraît devoir être essentiellement efficace, car elle suppose le défenseur, pris à l'improviste, au dépourvu, et l'assaillant, au contraire, préparé à ce qui doit avoir lieu. Quelle inégalité! L'imagination se représente d'un côté le désordre le plus complet, et de l'autre une activité intelligente qui en tire parti. Voilà l'origine des projets si fréquents de surprises nocturnes, germant chez ceux qui ne sont pas chargés du commandement ni de la

responsabilité. Mais, dans la réalité ces entreprises sont rares.

L'idée d'une surprise nocturne suppose toujours que l'assaillant connaît les mesures du défenseur, comme ayant été prises et indiquées d'avance, et comme n'ayant pu échapper aux reconnaissances et à l'espionnage. D'un autre côté, elle suppose que les dispositions de l'attaque restent inconnues à l'adversaire, vu qu'elles ne sont arrêtées qu'au moment de l'exécution. Dans la pratique, cette dernière supposition n'est déjà pas exacte, et la première l'est encore beaucoup moins. Lorsque nous ne sommes pas tellement rapprochés de l'ennemi, que nous l'ayons absolument sous les yeux (comme c'était le cas des Autrichiens vis-à-vis de Frédéric le Grand avant la bataille de Hochkirch), les notions que nous possédons sur sa position sont toujours très imparfaites. Elles sont fondées sur des rapports de reconnaissances et de patrouilles, des dires de prisonniers et d'espions. Leur base est donc peu solide, car ces renseignements ont toujours plus ou moins vieilli, et la position de l'adversaire peut s'être modifiée sur les entrefaites. D'ailleurs la tactique et la castramétation d'autrefois rendaient plus facile qu'aujourd'hui l'exploration de la position de l'adversaire. Une ligne de tentes est bien plus facile à distinguer qu'un camp baraqué ou un bivouac, et le campement en lignes régulières et déployées est plus facile à reconnaître que celui de divisions en colonnes, qui a fréquem-

ment lieu maintenant. On peut avoir directement sous les yeux le terrain où une division est campée de cette façon, sans pouvoir s'en faire une idée nette.

D'ailleurs la position n'est pas tout ce que nous avons besoin de connaître. Les mesures que l'ennemi prend dans le cours du combat ont une égale importance, puisqu'elles ne se bornent pas simplement à faire feu. Ces mesures contribuent aussi à rendre les attaques de nuit plus difficiles dans les guerres modernes, parce qu'elles ont l'avantage sur celles qui sont prises d'avance. Dans nos combats modernes, la position du défenseur est plutôt provisoire que définitive; c'est pourquoi il est plus en état qu'autrefois de porter des coups imprévus à l'assaillant.

D'après cela, ce que l'agresseur peut connaître de on adversaire avant l'attaque de nuit n'est que rarement ou jamais suffisant pour suppléer à l'inspection directe.

Le défenseur possède même un léger avantage sur son adversaire, en ce qu'il connaît mieux le terrain qu'il occupe. C'est ainsi que celui qui habite un appartement s'y oriente plus facilement dans la nuit qu'un étranger. Le défenseur sait mettre la main plus facilement sur chaque partie de ses forces que l'assaillant.

Il résulte de là que dans un combat de nuit l'assaillant a autant besoin de ses yeux que le défenseur, et que par conséquent il faut des motifs spéciaux pour exécuter une attaque nocturne.

—

Ces motifs n'existent presque jamais que pour des parties subordonnées de l'armée, et rarement pour l'armée entière. Il suit de là que la surprise de nuit n'est applicable, en général, qu'à des combats secondaires, et rarement à de grandes batailles.

Une partie subordonnée de l'armée ennemie, nous pouvons l'attaquer avec des forces très supérieures, l'envelopper par conséquent, ce qui nous permet soit de l'enlever complétement, soit de lui faire éprouver de grandes pertes dans un combat désavantageux, en admettant que les autres circonstances s'y prêtent. Mais un tel projet ne peut réussir que grâce à la surprise, attendu qu'une partie subordonnée de l'armée ennemie ne s'engagera pas volontairement dans une lutte disproportionnée, mais se retirera à temps. Mais une surprise aussi complète n'est possible que de nuit, à l'exception de cas rares où le pays est très couvert. Si donc nous voulons tirer parti d'une position fautive d'une partie subordonnée des forces ennemies, nous devons employer la nuit pour prendre nos dispositions préliminaires, quand même le combat ne devrait commencer que vers le point du jour. Voilà donc le principe de toutes les petites entreprises nocturnes contre des avant-postes ou d'autres petites subdivisions. Elles reposent toujours sur l'idée d'envelopper l'ennemi avec une force supérieure, afin de l'obliger inopinément à un combat tellement désavantageux, qu'il ne peut s'en tirer qu'au prix de pertes considérables.

on est aussi des deux côtés tout prêt au combat. Dans les guerres d'autrefois, il était assez d'usage que les armées campassent en face l'une de l'autre, même lorsqu'elles n'avaient aucun dessein arrêté, sinon de se tenir réciproquement en respect, ce qui suppose une situation plus prolongée. Frédéric le Grand a souvent campé des semaines entières si près des Autrichiens, qu'il aurait pu échanger des coups de canon avec eux.

Cette méthode qui encourageait davantage les attaques de nuit, a été abandonnée dans les guerres modernes. Les armées, qui ne sont plus des corps aussi indépendants sous le rapport des subsistances et du campement, éprouvent le besoin de laisser ordinairement une journée de marche entre elles et l'ennemi.

Si maintenant nous fixons une dernière fois le regard sur l'attaque de nuit dirigée contre une armée, nous voyons qu'il ne peut exister pour cela que des motifs exceptionnels; nous pouvons les résumer dans les cas suivants :

1. Une imprévoyance ou une présomption toute particulière de l'ennemi. Ce cas est rare et coïncide souvent avec une grande prépondérance morale qui compense les défauts en question.

2. Une terreur panique dans l'armée ennemie, ou bien une telle supériorité de nos forces morales, qu'elle puisse à elle seule remplacer toute direction.

3. Lorsqu'il s'agit de se faire jour à travers une

armée ennemie supérieure qui nous a cernés. En effet, dans ce cas, tout dépend de la surprise, et la simplicité du projet, puisqu'on ne doit chercher qu'à se dégager, admet une concentration plus grande des forces vers le but.

4. Enfin, dans les cas désespérés, où nos forces sont si disproportionnées à celles de l'ennemi, que nous ne voyons une chance de succès que dans les risques d'une tentative extraordinaire.

Cependant, dans tous ces cas, on suppose comme condition, que l'armée ennemie est sous nos yeux et n'est pas couverte par une avant-garde.

Du reste, la plupart des combats de nuit sont dirigés de manière à se terminer au point du jour ; aini l'approche et la première attaque s'exécutent seules à la faveur de la nuit, parce qu'ainsi l'assaillant peut tirer meilleur parti des suites du trouble et du désordre de l'adversaire. Quant aux combats qui ne commencent qu'avec le jour, et où l'on ne profite de la nuit que pour s'approcher de l'ennemi, ils ne doivent pas être rangés dans la classe des combats de nuit.

EXPÉRIENCES DE BAPAUME.

SUITE.

Compte rendu de l'établissement du programme des nouvelles expériences et de l'exécution de ces expériences.

18. Le comité de l'artillerie et le comité des fortifications avaient fait étudier un programme d'expériences à exécuter en commun, et qui devait transformer la démolition pure et simple des deux fronts des fortifications de la ville de Bapaume, que l'État s'était réservés, en une étude raisonnée de l'art de faire brèche par le canon et par la mine.

Formation d'une commission mixte d'officiers d'artillerie et du génie pour étudier, sur les fortifications de Bapaume, les principes de l'exécution des brèches par le canon et par la mine.

Une décision ministérielle du 12 juin 1847 institua, sous la présidence de M. le duc de MONTPENSIER, pour établir le programme définitif et pour diriger l'exécution des expériences, une commission mixte d'officiers de l'artillerie et du génie ainsi composée :

POUR L'ARTILLERIE.	POUR LE GÉNIE.
PIOBERT, colonel.	DE CASSIÈRES, colonel.
MORIN, lieutenant-colonel.	DE CHABAUD-LATOUR, colonel.
PERIN, chef d'escadron.	REVEL, chef de bataillon.
DIDION, chef d'escadron.	TRŒTSCHLER, chef de bataillon.
JOLY-FRIGOLA, capitaine en 1er.	MAZUEL, capitaine en 1er.
BOUTTIER, lieutenant en 1er.	GRAY, lieutenant en 1er.
SUSANE, capitaine en 1er. Rapporteur.	LEBLANC, chef de bataillon. Rapporteur.

Pendant que cette Commission s'occupait de la rédaction de son programme et prenait les dispositions nécessaires à l'ouverture des travaux, le conseil municipal de la ville de Bapaume offrit de mettre à sa disposition toute la partie des fortifications dont cession avait été faite par l'État à la ville. L'acceptation de cette offre ayant été approuvée par M. le ministre de la guerre, le champ des expériences se trouva considérablement agrandi, et la Commission a pu se livrer à des recherches plus étendues qu'elle ne l'avait d'abord espéré.

Description des fortifications de Bapaume. (Plan d'ensemble.)

19. Les fortifications de Bapaume se composaient d'un château, d'un corps de place et de dehors.

Château.

Le château, placé dans l'angle sud-ouest du corps de place, était tellement dégradé qu'on en reconnaissait à peine le tracé. Ses débris ne présentaient plus que quelques gros massifs de terre disposés rectangulairement et quelques portions de passages voûtés et de galeries.

Corps de place.

Le corps de place avait à peu près la forme d'un quadrilatère d'environ 2,700 mètres de périmètre,

dont le plus grand côté était tourné vers le sud. Son développement comprenait sept fronts irréguliers, dont six étaient placés deux à deux sur trois des côtés du quadrilatère. Le quatrième côté, celui du nord, était d'un seul front. Le revêtement du corps de place était en bon état de conservation, et quoiqu'il eût cessé depuis longtemps d'être entretenu, et qu'il fût envahi dans le haut par les plantes pariétaires et par les racines de nombreux buissons d'ormes, il ne présentait cependant aucune lézarde. Quelques portions du parement seulement étaient soufflées, d'autres étaient tombées, surtout sur les faces exposées aux vents de pluie.

Une galerie d'escarpe circulait autour d'une grande partie du corps de place à la hauteur du fond du fossé, et plusieurs bastions renfermaient des constructions voûtées qui, sur quelques points, plaçaient leurs revêtements dans des conditions offrant de l'analogie avec celles des murs soutenus par des voûtes en décharge. Le bastion 3 avait une casemate double sur chacun de ses flancs. Partout où il n'y avait point de voûtes immédiatement appuyées au revêtement, celui-ci était soutenu par des contre-forts. Cinq bastions sur sept avaient leurs flancs recouverts par des orillons.

Dehors.

Les dehors de la place consistaient en sept demi-

lunes revêtues, une sur chaque front, en une contre-garde, également revêtue, sur le bastion 4, en fossés secs et profonds, mais dont les contrescarpes n'étaient point revêtues, et en chemins couverts et glacis.

Les demi-lunes ne couvraient pas toutes complétement les courtines, et il n'y avait dans le fossé ni tenailles, ni caponnières. Les chemins couverts envahis par la culture étaient presque entièrement effacés. Les demi-lunes et la contre-garde, également livrées à la culture, avaient des revêtements en moins bon état que ceux du corps de place.

Tracé et construction de ces fortifications.

On ignore l'époque précise de la construction des fortifications de Bapaume. Suivant un mémoire conservé dans les archives de la place, l'enceinte aurait été commencée en 1521, sous la domination des Espagnols. En 1641, lors de la prise de Bapaume par les Français, le tracé du corps de place était exactement le même que celui qu'on voit encore aujourd'hui, mais il y avait alors un petit ouvrage à cornes au saillant du bastion 1 et la contre-garde n'existait point. Au reste, on trouvait dans cette place des traces de tous les systèmes employés depuis l'adoption des fortifications rasantes jusqu'à Vauban. Les parties les plus anciennes étaient celles qui entouraient le château.

Comme dans la plupart des villes fortes du Nord, les escarpes de Bapaume étaient formées d'un mur épais en moellons bruts de calcaire tendre, recouvert d'un parement en briques, de 0^{m} 50 d'épaisseur moyenne, destiné à mettre le moellon à l'abri des effets de la gelée. Dans quelques endroits, des assises de trois à quatre briques traversaient entièrement le massif du mur. Le soubassement, sur une hauteur de deux mètres, était formé de carreaux de grès. Le cordon et les saillants étaient en pierres de taille.

Nature des matériaux employés.

Le calcaire de Bapaume est de la craie blanche renfermant quelques rares rognons de silex pyromaque. Le mortier, de couleur grise, formé de chaux grasse et d'une arène légèrement hydraulique, avait acquis une consistance beaucoup plus grande que celle des moellons. La brique, rouge, parfaitement cuite et quelquefois même vitrifiée, est excellente. La terre du terre-plein et des parapets est argilo-sableuse, ocreuse, propre à la fabrication des briques, sans mélange de pierres, et très forte. Au saillant 4, elle est argileuse et contient des silex.

Profils.

Le profil des escarpes du corps de place était assez variable. Il offrait, en général, la disposition

suivante que l'on retrouve dans les places espagnoles de cette époque. La face postérieure du mur avait une inclinaison d'un dixième de dedans en dehors, et, au lieu de présenter un seul plan, se composait, dans le dernier quart de sa hauteur, de plusieurs plans en retraite les uns sur les autres. Il résultait de là que l'épaisseur du revêtement, qui était de 4 mètres et plus vers la base, se trouvait quelquefois réduit à 50 ou 60 centimètres vers le sommet.

La face extérieure des escarpes était généralement inclinée au sixième dans les bastions et au cinquième dans les courtines et les ouvrages extérieurs. La hauteur totale du revêtement variait de 10 à 14 mètres pour le corps de place, et pour les dehors de 7 à 9 mètres. La hauteur des parapets, entre le cordon et la crête intérieure, était, en général, de 2^m 20. Sur quelques points les parapets étaient presque complétement effacés.

Les contre-forts, espacés de 5^m d'axe en axe, avaient à peu près la même épaisseur à la racine et à la queue. Ceux du corps de place avaient environ 3^m de queue et 1^m 50 d'épaisseur. Ceux des dehors n'avaient que 2^m de queue et 1^m 10 d'épaisseur.

Ainsi, les fortifications de Bapaume offraient aux expériences de la Commission non-seulement un champ très étendu, mais des circonstances variées sous le rapport du tracé des ouvrages,

des dimensions des profils, de leurs formes, et des massifs de maçonnerie reliés aux escarpes. L'absence de tenailles en avant des courtines donnait toutes facilités pour les essais de tir oblique. Enfin, on avait ici une maçonnerie différente de celle de Metz et très intéressante à étudier, puisque les matériaux qui la composaient se retrouvent dans presque toutes les places des Flandres, et, en général, de tous les pays où manque la pierre de bonne qualité.

Nombre des batteries de brèche exécutées.

20. Pour étudier aussi complétement que possible les diverses questions qui ont été résumées plus haut et celles qui se sont présentées pendant le cours des expériences, la Commission a été successivement conduite à construire quinze batteries de brèche.

But et emplacement de chacune d'elles. (Plan d'ensemble.)

21. Le but spécial de chacune d'elles et son emplacement ont été ainsi définitivement fixés.

Quatre batteries de brèche ordinaires ont été construites sur la crête du chemin couvert du bastion 6, pour battre directement les deux faces de ce bastion. Les deux batteries dirigées contre la face droite étaient armées chacune de quatre canons de 24; la première devait tirer à la charge de

la moitié du poids du boulet et la seconde à la charge du tiers. Les deux batteries dirigées contre la face gauche étaient armées chacune de quatre canons de 16, et devaient également tirer l'une à la charge de la moitié du poids du boulet, l'autre à celle du tiers.

Ces quatre batteries, placées dans des conditions aussi identiques que possible, avaient pour objet de fournir des résultats concluants sur l'efficacité relative des calibres de 24 et de 16, et des charges de poudre égales à la moitié et au tiers des poids des projectiles, et de vérifier, sur une nouvelle espèce de maçonnerie, la justesse des principes du tir en brèche déduits des expériences de Metz, sous les divers rapports de la hauteur à laquelle il convient d'ouvrir la tranchée horizontale, du meilleur emploi des boulets, et du nombre des tranchées verticales.

Une de ces batteries fut, en outre, destinée à constater les effets résultant pour elle du déblayement de la brèche par la mine, et à rendre la brèche de nouveau praticable après l'explosion du fourneau.

Deux autres batteries directes, également placées dans le couronnement du chemin couvert, furent consacrées à l'étude de l'influence de la hauteur des escarpes sur l'exécution des brèches.

Une de ces batteries, armée de quatre canons de 16 tirant à la charge du tiers, fut construite sur la

crête du chemin couvert de la demi-lune 15 pour battre sa face gauche, dont l'escarpe n'avait que 7m 40 de hauteur.

La seconde, armée également de quatre canons de 16 tirant à la charge du tiers, fut établie sur la crête du chemin couvert du bastion 5, pour battre sa face droite, dont l'escarpe avait 14m 20, c'est-à-dire une hauteur à peu près double de celle de l'escarpe de la demi-lune 15, avec laquelle elle était en comparaison. On profita de cette hauteur extraordinaire, qui rassurait contre l'éventualité des coups montants, pour faire l'essai du tir en brèche pendant une nuit très obscure. L'intérêt qui s'attachait à cette expérience s'augmentait du peu de largeur de la face qui n'avait que 26 mètres.

Une troisième batterie directe, également placée dans le couronnement du chemin couvert, fut destinée à faire brèche en entamant l'escarpe à la moitié de sa hauteur, et dirigée contre la face gauche du bastion 1. Elle était armée de quatre canons de 24 tirant à la charge du tiers du poids du boulet.

Pour étudier les effets à attendre du tir en brèche sur des fortifications dont les revêtements sont adossés à des voûtes, on construisit deux batteries.

La première fut placée dans le fossé de la courtine 3-4 et armée de trois canons de 16 tirant à la charge du tiers, pour faire brèche dans le flanc

gauche du bastion 3. Ce flanc très étroit, et protégé par un orillon, renfermait deux casemates voûtées et séparées par un pied droit de 1^{m} 80^{c} d'épaisseur.

La seconde batterie fut placée sur la crête du chemin couvert du bastion 2 et armée de quatre canons de 24 tirant à la charge du tiers, pour battre à 300 mètres de distance le flanc droit du bastion 3 qui présentait exactement la même disposition que le flanc gauche. Cette dernière expérience avait pour objet spécial de chercher les moyens de mettre le plus promptement possible une casemate hors de service.

Deux batteries, armées chacune de quatre canons de 12 de bataille, tirant à cartouches à boulet confectionnées comme pour le service de campagne, furent destinées à rechercher les effets de ce calibre sur les fortifications permanentes et à constater son aptitude à faire brèche dans les maçonneries tendres.

La première fut établie sur la crête du chemin couvert de la contre-garde 17 pour faire brèche à sa branche droite.

La deuxième, dont l'exécution était subordonnée au succès de la première, fut placée sur la crête du chemin couvert du bastion 1, pour faire brèche dans la face droite de ce bastion.

Enfin, quatre batteries furent consacrées à l'étude du tir oblique. Deux de ces batteries, les deux

premières, armées de pièces de 16 et tirant, l'une à la charge de la moitié, et l'autre à celle du tiers du poids du boulet, furent établies sur la crête du chemin couvert, et sur les capitales des bastions 5 et 6, appartenant aux fronts les plus étroits, pour faire brèche aux courtines voisines, et sous l'angle de 25 degrés, à travers la trouée des angles d'épaule de ces bastions et des demi-lunes.

Les deux dernières, armées de canons de 24 et tirant aux mêmes charges, furent placées sur les capitales des bastions 1 et 2, appartenant à un front plus étendu, pour faire brèche à la courtine 1-2, sous des angles plus aigus que 25 degrés.

Ces quatre batteries obliques, ainsi que les deux batteries directes tirant sur les flancs casematés du bastion 3, devaient fournir en même temps des renseignements sur les effets produits dans la maçonnerie par des projectiles tirés à des distances plus grandes que la distance ordinaire du tir en brèche, et sur la régularité du tir à ces distances.

La Commission voulut, du reste, mettre à profit ses expériences pour recueillir tous les faits et toutes les observations qui pouvaient présenter de l'intérêt.

Comme l'artillerie avait un intérêt particulier à constater les effets produits sur le métal des bouches à feu par la poudre à canon qui se fabrique depuis 1840 à Esquerdes, et dont la densité gravimétrique est assez élevée, et à les comparer aux

effets d'une autre poudre d'une densité gravimétrique plus faible, il fut arrêté que dans chaque batterie de canons de siége les deux pièces de droite seraient constamment chargées avec de la poudre à canon d'Esquerdes et les deux pièces de gauche avec de la poudre à canon de Saint-Ponce.

Dispositions générales.

22. On donnera plus loin, et pour chaque batterie, lorsqu'il y aura lieu, des détails sur sa construction, sur son armement et sur le matériel employé, et l'on se contentera d'indiquer ici les dispositions générales appliquées à l'ensemble des expériences.

Les précautions minutieuses qu'exigeait la prudence dans des opérations exécutées sur une assez grande échelle et au milieu d'une foule curieuse qu'il était difficile de maintenir à une distance suffisante, avaient conduit à placer loin des batteries les dépôts de munitions et à n'amener celles-ci sur le terrain que par petites portions et au fur et à mesure des besoins. Les magasins à poudre et la salle d'artifices étaient établis dans l'enceinte du château. Les charges et les boulets étaient successivement apportés à la queue des batteries dans des chariots couverts.

Des blindages, semblables à ceux qui avaient été employés dans les expériences de Metz, furent

établis sur les batteries tirant à petites distances, pour mettre les canonniers à l'abri des éclats de maçonnerie.

Les pièces étaient espacées dans les batteries de cinq mètres d'axe en axe. Cette distance fut réduite à 4 mètres pour les canons de 12.

Le mode de chargement employé pour les canons de siége était le chargement à gargousses allongées avec bouchons sur la poudre et sur le boulet. Quant aux canons de campagne, on a déjà dit qu'ils devaient tirer avec leurs cartouches ordinaires.

On s'est servi du mètre à curseur pour donner la hausse aux pièces dans le pointage.

Le feu a été communiqué aux charges avec des étoupilles fulminantes de divers modèles.

Personnel chargé des travaux. — Commencement des travaux.

23. Le personnel d'artillerie mis à la disposition de la Commission se composait des 12[e] et 13[e] batteries du 10[e] régiment d'artillerie et d'une escouade d'ouvriers de la 8[e] compagnie. Quatre compagnies du 70[e] régiment d'infanterie de ligne furent appelées à prendre part aux travaux préparatoires en qualité d'auxiliaires.

Ces troupes, dirigées sur Bapaume dans la première quinzaine du mois de juillet, commencèrent immédiatement la construction des batteries de

brèche sur les emplacements déterminés. Six batteries étaient complétement achevées et quatre étaient armées dans les premiers jours du mois d'août. Tous les autres travaux préliminaires étaient aussi avancés que l'avaient permis l'insuffisance des objets de fascinage et l'incertitude où l'on se trouvait encore sur le choix de l'emplacement le plus convenable à certaines expériences.

Commencement des expériences.

24. La Commission se trouva réunie à Bapaume le 5 août et s'occupa sans délai d'arrêter l'ordre de tir des batteries, en ayant égard à l'état d'avancement des travaux et à certaines convenances de détail, et les expériences commencèrent le lendemain matin 6 août, à sept heures.

On va rendre compte successivement de ces expériences, en suivant l'ordre dans lequel elles ont été exécutées. On a préféré cet ordre à celui qui eût consisté à rapprocher les batteries du même genre, parce que la marche à suivre a presque toujours été influencée, en quelque point, par les faits constatés dans les brèches précédentes.

BATTERIE N° 1.

Brèche faite avec 4 canons de 24 tirant à la charge de la moitié.

Tir direct ordinaire. (Pl. 1, fig. 1 à 8.)

25. La batterie n° 1, destinée à battre la face

droite du bastion 6, et placée sur la crête du chemin couvert de cette face, près de la capitale du bastion, était enterrée d'environ 0m80. Les plates-formes étaient inclinées au dixième. L'armement se composait de quatre canons de 24. Ces quatre pièces devaient tirer à la charge de la moitié du poids du boulet, les deux de droite avec de la poudre d'Esquerdes, et les deux autres avec de la poudre de Saint-Ponce.

Conditions du tir en brèche.

L'escarpe à battre avait 10m31 de hauteur totale; son talus extérieur était incliné au sixième, et sa distance moyenne à la ligne des genouillères des embrasures était de 48 mètres. La position de la tranchée horizontale, qui devait être ouverte sur une longueur de 20 mètres, et de manière que le milieu de cette tranchée fût situé à 22 mètres de distance du saillant du bastion, avait été fixée à 3m65 au-dessus du fond du fossé, c'est-à-dire un peu au-dessus du tiers de la hauteur de l'escarpe. Comme la profondeur du fossé ne permettait point de voir de la batterie jusqu'à ce point, on avait rasé le chemin couvert entre l'épaulement et la contrescarpe. Par suite de ces dispositions, l'inclinaison du tir se trouvait être de 8 degrés 30 minutes dans le plan vertical et l'angle moyen d'incidence des projectiles sur l'escarpe, mesuré dans le plan horizontal, était de 82 degrés. Il fut reconnu, après l'exécution

de la brèche, que le revêtement avait, au niveau de la tranchée horizontale, une épaisseur de 4^m36.

Marche du tir.

Les pièces, devant ouvrir chacune dans le revêtement une tranchée de 5 mètres de longueur, furent d'abord dirigées sur la droite de leur champ de tir respectif.

Le feu commença par la droite, les pièces tirant l'une après l'autre. Après cette première salve, les pièces furent ramenées vers la gauche de leur champ de tir et dirigées d'abord à 1^m25 des premiers trous qu'elles avaient faits dans la muraille. On continua de la même manière, en appuyant successivement de 1^m25 vers la gauche, jusqu'à la quatrième salve, après laquelle la tranchée horizontale se trouva marquée de seize trous également espacés entre eux. Le feu fut alors suspendu pour mesurer les excavations produites par chacun de ces seize premiers coups.

Excavations formées par les premiers boulets.

Les excavations formées dans la maçonnerie de Bapaume, par des boulets de 24, tirés à la charge de la moitié de leur poids, se composaient de deux troncs de cône : l'un antérieur, très évasé, et l'autre, postérieur, presque cylindrique, formant ensemble un entonnoir. La grande base des troncs

de cône antérieurs, c'est-à-dire, leur diamètre à l'entrée du boulet, était en moyenne de 0^m52, et leur petite base, ou largeur au raccordement des deux troncs de cône, de 0^m25. Le diamètre moyen du tronc de cône postérieur avait 0^m16. La profondeur totale de l'excavation était de 1^m21 ; et la hauteur du tronc de cône antérieur était de 0^m24, c'est-à-dire environ le cinquième de la profondeur totale (voir le tableau n° 1).

Les résultats de cette première expérience présentent des différences notables avec ceux obtenus dans la maçonnerie de Metz. A Metz, en effet, la profondeur de la pénétration n'avait été que de 0^m647, et le tronc de cône antérieur occupait la moitié de cette profondeur. De plus, tandis qu'à Metz le diamètre extérieur de ce tronc de cône était égal à cinq fois celui du boulet, il n'était à Bapaume que d'environ trois fois ce diamètre. Ainsi, dans cette dernière maçonnerie, il y avait moins d'éclatement et d'ébranlement produits par la réaction du choc du boulet, mais plus de pénétration. L'ébranlement et l'éclatement, dans une maçonnerie de calcaire tendre, avec parement en briques, étaient à peu près limités au parement qui seul avait de la dureté. Quant à la craie qui composait le massif du mur, elle cédait en s'écrasant sous la pression du boulet. Quelques boulets purent être retirés. Aucun n'était brisé ni altéré dans sa forme. En résumé, les dimensions des excava-

tions produites par les boulets de 24, tirés à la charge de la moitié, n'étaient pas à Bapaume les mêmes qu'à Metz; mais la grandeur des effets, relativement à la formation de la tranchée horizontale, était sensiblement égale de part et d'autre. La section méridienne de l'excavation était, dans les deux cas, comprise entre 1/5 et 1/4 de mètre carré, 22 décimètres carrés à Metz et 24 à Bapaume.

Les pièces ont ensuite été dirigées sur le milieu des intervalles des coups précédemment tirés, et l'on a ainsi obtenu seize nouveaux trous bien distincts dont on a encore mesuré la profondeur (voir le tableau n° 2). La pénétration moyenne de cette deuxième série de boulets dans une maçonnerie déjà désagrégée, a été trouvée de 1m52, c'est-à-dire d'un quart plus grande que la pénétration des boulets de la première série.

Le tir a été ensuite continué en pointant successivement chaque pièce dans l'étendue de son champ de tir, d'abord sur les portions de revêtement encore intactes, puis, lorsque la tranchée horizontale a été tracée dans toute sa longueur, sur les points les plus saillants et les plus isolés.

Relèvement de la tranchée horizontale après 80 coups.

Après la vingtième salve, c'est-à-dire après 80 coups, on a relevé les principales profondeurs

de la tranchée horizontale, et l'on a trouvé les nombres suivants :

3m30, 3m30, 2m05, 3m10, 2m55, 2m45, 2m25.

Le revêtement n'avait encore été traversé sur aucun point; mais comme on ignorait la grande épaisseur de ce revêtement, on regardait la tranchée horizontale comme fort avancée. A la reprise du tir, on se borna donc à diriger cinq nouvelles salves sur les points les plus saillants de cette tranchée, et après cent coups de canon ainsi tirés, on commença avec la pièce de droite et avec la pièce de gauche, deux tranchées verticales sur les extrémités de la brèche; les deux pièces du milieu continuant d'approfondir la tranchée horizontale.

Formation des tranchées verticales.

Pour former les tranchées verticales, on a d'abord dirigé les pièces à 1m25 au-dessus de la ligne méridienne de la tranchée horizontale, puis dans l'intervalle compris entre ce premier coup et la tranchée, et l'on a continué de tirer sur les parties qui avaient résisté au choc des premiers boulets, jusqu'à ce que ces amorces des tranchées verticales parussent aussi avancées que la tranchée horizontale.

Chute du revêtement.

Après six salves ainsi tirées, c'est-à-dire après

112 coups de canon dirigés dans la tranchée horizontale, et 6 coups dans chacune des tranchées verticales extrêmes, la brèche paraissant convenablement avancée, on se décida à commencer une tranchée verticale au milieu. La nature des matériaux fit penser qu'il serait inutile d'en ouvrir un plus grand nombre. En effet, cette tranchée ayant été entamée avec les deux pièces du centre, pendant que les pièces de droite et de gauche continuaient à monter les tranchées extrêmes, le revêtement s'est renversé en deux morceaux, la partie supérieure en avant, un instant après la troisième salve, c'est-à-dire lorsqu'il n'y avait encore que six boulets dans la tranchée du milieu, et neuf dans chacune des tranchées extrêmes. La chute du revêtement était, au reste, aussi complète que possible. La brèche était ouverte, dans toute sa hauteur, sur une largeur de 19 mètres, dans sa partie la plus étroite, et il ne restait de maçonnerie visible que quelques débris de la face postérieure du mur, qui étaient retenus par les contre-forts et par les portions de muraille restées debout.

Récapitulation sommaire.

D'après ces résultats, on voit qu'il a fallu en tout 136 boulets de 24, tirés à la charge de la moitié de leur poids pour opérer complétement l'ouverture du revêtement sur une largeur de 19 mètres et une hauteur de $6^{m}65$. C'est un peu

plus de 7 boulets par mètre courant de brèche, et le volume de la maçonnerie détruite étant approximativement de 400 mètres cubes, c'est environ 1 boulet pour 3 mètres cubes.

Un orage violent, qui a éclaté pendant ce tir, et qui a inondé la batterie pendant toute sa durée, n'a pas permis de tenir une note exacte du temps employé réellement à l'exécution de la brèche. On l'a évalué à trois heures.

Dans cette opération, il a été consommé 816 kilogrammes de poudre et 1632 kilogrammes de fonte. Il n'y a eu de boulets brisés que ceux qui ont rencontré d'autres boulets déjà logés dans la muraille.

Etat de la brèche après la chute du revêtement.

En examinant l'état de la brèche, on reconnut que le revêtement s'était séparé des contre-forts suivant leur plan de jonction. L'arrachement était net vers le milieu de la brèche; mais dans les parties extrêmes, il était resté quelques débris de la face postérieure du revêtement que n'avaient point coupé les tranchées verticales, et qui étaient maintenues par leur adhérence aux portions voisines et intactes de l'escarpe. Les terres étaient demeurées debout et présentaient une nouvelle escarpe inclinée au dixième, comme la face postérieure du revêtement. Il n'était tombé que la partie du parapet qui reposait directement sur le mur, et en-

core voyait-on, vers la crête et surtout aux extrémités, des masses de terre en surplomb.

Tir dans les contre-forts et dans les restes de maçonnerie.

Pour détruire les restes du revêtement et couper les quatre contre-forts que la chute de l'escarpe avait mis à découvert, on a repris le tir en dirigeant une pièce sur chaque contre-fort. Les quatre pièces faisaient d'ailleurs feu au même commandement, (ce que facilitait l'emploi des étoupilles fulminantes) afin de produire un plus grand ébranlement dans les terres et d'y provoquer la formation de quelques grandes fissures. 34 boulets de 24, tirés à la charge de la moitié de leur poids, ont suffi pour débarrasser la brèche des restes de maçonnerie, et pour faire disparaître les contre-forts, à demi ruinés, derrière les terres qui commençaient à descendre sur la brèche. Cette opération a demandé 45 minutes.

Tir dans les terres.

Dans ce moment la brèche présentait un talus médiocrement couvert de terre et dont le haut était à peu près à deux mètres au-dessous du niveau du cordon. Ce talus était entouré demi-circulairement par l'escarpement vertical des terres du parapet. Pour faire tomber ces terres et arriver à rendre la brèche praticable, on a dû les attaquer

d'une manière analogue à celle employée pour les maçonneries, en y pratiquant successivement des tranchées horizontales à hauteur du sommet de l'éboulement. Mais comme l'on cherchait surtout à les ébranler, on a substitué à la charge de la moitié du poids du boulet celle du quart et l'on a fait feu des quatre pièces à la fois. En suivant cette marche, et en remontant le tir à mesure que le sommet du talus s'élevait et en dirigeant, toutes les fois que l'occasion s'en présentait, le feu d'une ou de plusieurs pièces sur les points saillants, mais s'astreignant en même temps à ne pas envoyer de boulets plus haut que la hauteur du cordon, pour éviter toutes chances d'accidents, il a fallu 94 coups de canon à la charge du quart pour terminer la brèche. Le temps employé a été de 1 heure 40 minutes.

Etat de la brèche terminée.

Si des raisons de prudence n'eussent point empêché de diriger le tir de manière à écrêter la brèche, cette opération eût exigé moins de temps et moins de boulets. Quoi qu'il en soit, la brèche était praticable et fut aisément franchie au pas de course par les canonniers qui l'avaient exécutée. Elle offrait une pente générale de 35 degrés, terminée au sommet par un escarpement d'environ 1m50 de hauteur, que l'on n'avait pas osé détruire,

et les débris de maçonnerie étaient bien recouverts par les terres éboulées.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale a été formée sur une longueur de 19 mètres par 112 boulets de 24 tirés à la charge de 6 kilogrammes de poudre, et les tranchées verticales ont demandé 24 coups tirés à la même charge;

Le revêtement est ainsi tombé après 136 coups et après environ trois heures de tir;

On a tiré 34 coups sur les portions de maçonnerie restées debout et sur les contre-forts, et cette opération a demandé 45 minutes;

Pour rendre la brèche praticable, on a tiré dans les terres 94 coups à la charge du quart du poids du boulet, et ce tir a exigé 1 heure 40 minutes.

Ce qui fait, au total, 264 coups de canon représentant 3168 kilogrammes de fonte et 1302 kilogrammes de poudre, et 5 heures 25 minutes.

La brèche ayant 19 mètres de largeur au parement, c'est 166^{k}21 de fonte et 68^{k}53 de poudre par mètre courant de brèche.

BATTERIE N° 2.

Brèche faite avec 4 canons de 24 tirant à la charge du tiers.
Tir direct ordinaire. (Pl. 1, fig. 9 à 17.)

26. La batterie n° 2 était placée à la gauche de la batterie n° 1, et était construite de la même

manière que celle-ci. Son armement se composait de quatre canons de 24. Ces quatre pièces devaient tirer à la charge du tiers du poids du boulet.

Conditions du tir en brèche.

La portion d'escarpe de la face droite du bastion 6 dans laquelle cette batterie devait faire brèche avait les mêmes dimensions que la portion placée devant la batterie n° 1, sa distance moyenne à la ligne des genouillères était de 50 mètres. La hauteur fixée pour la tranchée horizontale était de 3^m65 au-dessus du fond du fossé et le milieu de cette tranchée devait être à 15 mètres de l'angle d'épaule du bastion. L'inclinaison du tir dans le plan vertical se trouvait ainsi être de 8° 30 et l'angle moyen d'incidence des projectiles sur l'escarpe était de 76° dans le plan horizontal.

On ne reviendra point sur les détails qui ont déjà été donnés sur la marche du tir. On a suivi pour la batterie n° 2, et en général pour toutes les batteries directes, celle qu'on a décrite en parlant de la batterie n° 1.

Excavations produites par les premiers boulets.

La mesure des excavations produites par les 16 premiers boulets a donné les résultats suivants : la grande base des troncs de cône extérieurs avait 0^m51 de diamètre, et la petite base 0^m27. La hauteur de ces troncs de cône était aussi

de $0^{m}27$, et la profondeur totale de la pénétration des projectiles était de $1^{m}14$ (voir le tableau n° 3).

Pour les 16 coups suivants tirés dans les intervalles des trous formés par les premiers, la profondeur totale a été de $1^{m}34$ (voir le tableau n° 4).

Relèvement de la tranchée horizontale après 80 coups.

Après ces opérations préliminaires, le tir en brèche a été continué sans interruption jusqu'à la vingtième salve. Le feu fut alors suspendu de nouveau pour examiner l'état de la tranchée horizontale après 80 coups de canon. Il résulte du relèvement qui fut fait de cette tranchée, en la sondant de mètre en mètre, que sa profondeur moyenne était de $1^{m}65$, c'est-à-dire que sa section était de 33 mètres carrés environ. Le revêtement, du reste, n'avait été percé sur aucun point; le trou le plus profond était de $3^{m}95$. Plusieurs boulets ont pu être retirés, tous étaient entiers (voir le tableau n° 5).

La connaissance que l'on avait acquise dans la première expérience de l'épaisseur du revêtement, engagea à mettre dans la tranchée horizontale un plus grand nombre de boulets qu'on ne l'avait fait pour la batterie n° 1. Après 136 coups de canon, cette tranchée paraissant profonde de 2 mètres dans toutes ses parties, on se décida à commencer les tranchées verticales.

Formation des tranchées verticales.

La chute du revêtement de la première brèche avait donné lieu de penser que dans les escarpes de Bapaume il n'y avait pas utilité de faire des tranchées intermédiaires et que la méthode indiquée par Bousmard aurait ici toutes chances de réussir. Le peu de ténacité des matériaux et le poids considérable du massif suspendu au dessus de la tranchée horizontale paraissaient devoir suffire, aussitôt qu'on aurait sapé les points d'attache vers les extrémités, pour y déterminer des ruptures et par suite la chute du revêtement. C'était, dans tous les cas, un essai à faire. Il fut donc arrêté qu'on ne formerait que deux tranchées verticales, l'une à l'extrémité droite, l'autre à l'extrémité gauche de la tranchée horizontale, en se conformant, du reste, pour la disposition des coups, aux principes qui avaient été suivis dans la première brèche.

Chute du revêtement.

A la quatrième salve, c'est-à-dire après 16 boulets seulement tirés dans les deux tranchées verticales, l'escarpe s'est déchirée des deux côtés sur les prolongements des tranchées amorcées, est descendue lentement sur la tranchée horizontale, et trouvant là un point d'appui, a tourné sur ce point comme autour d'une charnière, la partie

supérieure en avant, et s'est affaissée dans le fossé, entraînant avec elle les terres du parapet jusqu'à l'aplomb de la crête intérieure. Il ne restait debout que quelques parties de la face postérieure de la muraille vers les extrémités de la brèche et la moitié d'une cheminée d'aérage en briques, correspondant à la galerie qui régnait le long de la face du bastion.

Récapitulation sommaire.

Le renversement de l'escarpe avait demandé 152 boulets de 24 tirés à la charge du tiers de leur poids et 2 heures 47 minutes; 136 boulets et 2 heures 27 minutes pour la tranchée horizontale; 16 boulets et 20 minutes pour les deux tranchées verticales. La brèche ayant 19^{m}10 dans sa partie la plus étroite, c'est par mètre courant de brèche environ 8 boulets, et par mètre cube de maçonnerie détruite, 38 centièmes de boulet. Ce qu'on a dit de l'état de la brèche après la chute du revêtement pour la première expérience s'applique également à celle-ci.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les terres du parapet.

Pour détruire les débris de revêtement encore debout et raser les contre-forts jusqu'au dessous du niveau de l'éboulement, il a suffi de 8 coups de canon et de 10 minutes, et pour achever de rendre

la brèche praticable, on a employé 44 boulets et 51 minutes. On s'est servi jusqu'à la fin de la charge du tiers du poids du boulet, et pour le tir dans les terres les quatre pièces ont fait feu au même commandement.

Etat de la brèche terminée.

La brèche était bien praticable et son talus très doux, puisque la pente générale n'était que de 33 degrés. Elle présentait vers son sommet un escarpement, très bas vers la gauche, plus prononcé vers la droite, et que quelques boulets eussent facilement détruit, si la prudence eût permis de tirer à cette hauteur. Un gros bloc de terre qui s'était arrêté vers le milieu de la pente y formait un pallier. Les débris de maçonnerie étaient, du reste, bien recouverts par la terre, et l'on ne voyait que quelques blocs isolés au pied du talus.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale avait été formée en 2 heures 27 minutes sur une longueur de 21 mètres par 136 boulets de 24 tirés à la charge de 4 kilogrammes de poudre, et les tranchées verticales avaient demandé 16 boulets et 20 minutes.

Le revêtement est ainsi tombé après 152 coups et 2 heures 47 minutes.

On a tiré dans les contre-forts et les restes de maçonnerie 8 coups en 10 minutes.

Pour rendre la brèche praticable, on a tiré dans les terres 44 coups en 51 minutes.

Ce qui fait, au total, 3 heures 48 minutes et 204 coups de canon représentant 2,448 kilogrammes de fonte et 816 kilogrammes de poudre.

La brèche ayant 19^{m}10 de largeur au parement, c'est 128^{k}20 de fonte et 42^{k}72 de poudre par mètre courant de brèche.

BATTERIE N° 3.

Brèche faite avec 4 canons de 16, tirant à la charge de la moitié.
Tir oblique. (Pl. 2.)

27. La batterie n° 3, destinée à battre obliquement la courtine 5-6 dans la direction du fossé de la face gauche du bastion 5, était placée sur la crête de la place d'armes saillante du bastion 5. La disposition du terrain avait contraint à lui donner la forme d'une batterie à redans. Son armement se composait de 4 canons de 16. Ces quatre pièces devaient tirer à la charge de la moitié du poids du boulet.

Conditions du tir en brèche.

La batterie n° 3 devait ouvrir dans la courtine 5-6 une brèche de 20 mètres de largeur à

une hauteur de 4m25 au-dessus du fond du fossé, le milieu de cette brèche étant placé à 32m70 de l'extrémité de la courtine vers le bastion 6.

L'escarpe, inclinée au cinquième, avait 12m05 de hauteur, et la partie à battre se trouvait à une distance moyenne de 119 mètres de la genouillère des embrasures. L'inclinaison du tir se trouvait ainsi de 4 degrés dans le plan vertical, et l'angle d'incidence sur l'escarpe était, en moyenne, de 25 degrés dans le plan horizontal. Il fut reconnu, après l'exécution de la brèche, que le revêtement avait 4m16 d'épaisseur au niveau de la tranchée horizontale.

Marche du tir.

Le feu a commencé en dirigeant chaque pièce vers la gauche de son champ de tir, et pour les salves suivantes les coups ont été pointés dans les trous formés par ceux de la première salve, de manière à les approfondir et à allonger le déchirement de la muraille de la gauche à la droite.

Excavations produites par les premiers boulets.

Après chacune des quatre premières salves, on a suspendu le feu pour examiner et mesurer les effets des projectiles et pour constater la direction et la force des ricochets. Quant aux ricochets, il

fut reconnu que les projectiles, après avoir frappé la muraille, ne conservaient qu'une faible vitesse et qu'ils tombaient soit au pied du revêtement, soit à une très petite distance. Le ricochet cessa, d'ailleurs, du moment où le parement fut partout entamé. Les dimensions des excavations produites par des boulets de 16, tirés à la charge de la moitié et rencontrant le revêtement sous un angle d'environ 25 degrés, sont renfermées dans les tableaux n°s 6 et 7. Il résulte de ces tableaux que les boulets ont pénétré dans la maçonnerie à une profondeur moyenne de 0^{m} 48 comptée perpendiculairement au parement et de 0^{m} 64 comptée dans le sens du tir. Les écorchements produits dans le revêtement par ces premiers coups avaient des dimensions moyennes de 2^{m} 30 dans le sens horizontal et de 0^{m} 95 dans le sens vertical. On a remarqué que plusieurs boulets avaient été brisés dans ce tir oblique, tandis que cela n'était point arrivé dans le tir direct des deux batteries précédentes. (Voir les tableaux n°s 6 et 7.)

Relèvement de la tranchée horizontale après 84 coups.

Le tir ayant été continué de la même manière, en prolongeant les excavations de chaque pièce de la gauche vers la droite, la tranchée horizontale s'est trouvée tracée sur une ligne continue à la 9e salve, c'est-à-dire après le tir de 36 boulets. Après 84 coups, on a mesuré de mètre

en mètre, et perpendiculairement au parement, la profondeur de cette tranchée. La profondeur moyenne était de 1m19; comme la tranchée était ouverte sur une longueur de 21m75, la surface de sa section était de 26 mètres carrés (voir le tableau n° 8).

Formation des tranchées verticales.

Après 120 coups de canon, la tranchée horizontale paraissait suffisamment avancée vers la droite, mais du côté gauche elle l'était moins, parce que les boulets ne pouvaient y entailler la muraille au delà d'un plan parallèle au plan du tir. On se résolut, en conséquence, afin de démasquer le fond de la tranchée vers sa gauche, à commencer immédiatement la tranchée verticale de ce côté avec la pièce de droite qui pouvait voir cette partie sous l'angle le moins aigu, pendant que les trois autres pièces continueraient de tirer dans la tranchée horizontale.

Après six salves ainsi tirées, le but que l'on se proposait ayant été atteint, on a dirigé les deux pièces de droite sur la tranchée verticale de gauche et les deux pièces de gauche ont commencé à la fois la tranchée verticale de droite.

Chute du revêtement.

Quarante coups de canon tirés de cette manière ont suffi pour déterminer la chute du revêtement,

qui s'est renversé dans le fossé en tournant autour de l'arête inférieure de la tranchée horizontale, et qui s'est brisé en un grand nombre de morceaux en touchant le sol. Comme dans les brèches précédentes, la chute du revêtement avait mis à découvert les terres du rempart, entièrement escarpées. Vers le milieu de la brèche, on voyait un contre-fort brisé suivant le plan de sa racine. Des deux côtés, il était resté des fragments de la face postérieure du mur retenus par d'autres contre-forts. Ces fragments étaient plus considérables vers la gauche, où la tranchée verticale était taillée en biseau parallèlement au plan de tir. Sauf cette dernière particularité, l'état de la brèche était le même qu'il eût été pour un tir direct.

Récapitulation sommaire.

Le renversement de l'escarpe avait demandé 184 boulets de 16 tirés à la charge de la moitié de leur poids et 3 heures 44 minutes; 138 boulets et 3 heures pour la tranchée horizontale; 46 boulets et 44 minutes pour les tranchées verticales. La brèche ayant 18^{m}10 dans sa partie la plus étroite, c'était par mètre courant de revêtement un peu plus de 10 boulets et près de 14 minutes.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les terres du parapet.

Pour détruire les débris de la face postérieure

de la muraille et les contre-forts, on a tiré 96 coups. On a observé dans cette expérience que le tir oblique présentait des avantages sur le tir direct pour la destruction des contre-forts et pour l'éboulement des terres, les projectiles prenant d'écharpe toutes les parties saillantes. Il a été aussi reconnu que dans le cas d'une brèche oblique il serait avantageux, quand cela est possible, de couper obliquement, et non suivant une perpendiculaire au fond du fossé, la tranchée la plus rapprochée de la batterie, afin d'élargir la brèche par le haut et de mieux voir sa partie supérieure. Après l'entière destruction de toutes les parties visibles de la maçonnerie, 20 coups de canon, tirés par salves des quatre pièces et toujours à la charge de la moitié, ont suffi pour ébranler les terres du sommet de la brèche et adoucir le talus. Cette partie de l'opération avait duré en tout 1 heure 53 minutes.

Etat de la brèche terminée.

La brèche était d'un accès très facile. L'inclinaison générale de son talus n'était que de 31 degrés. Il y avait vers la gauche un bloc de maçonnerie en partie découvert. Tout le reste de la brèche était garni de terre.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale avait été

formée en 3 heures, sur une longueur de 21m75, par 138 boulets de 16 tirés à la charge de 4 kilogrammes de poudre, et les tranchées verticales avaient demandé 46 coups tirés à la même charge et 44 minutes.

Le revêtement est ainsi tombé après 184 coups de canon et 3 heures 44 minutes de tir.

On a tiré 96 coups sur les contre-forts et sur les portions de maçonnerie restées debout, et cette opération a demandé 1 heure 28 minutes.

Pour rendre la brèche praticable, on a tiré 20 coups dans les terres et ce tir a duré 25 minutes.

Ce qui fait, au total, 300 coups de canon, représentant 2,400 kilogrammes de fonte et 1,200 kilogrammes de poudre, et 5 heures 37 minutes.

La brèche ayant 18m15 de largeur au parement, c'est 132k23 de fonte et 66k12 de poudre par mètre courant.

BATTERIE N° 4.

Brèche faite avec 4 canons de 16 tirant à la charge du tiers.

Tir oblique. (Pl. 3.)

28. Le succès de l'expérience précédente donnait un grand intérêt à l'exécution d'une brèche par la batterie n° 4 qui avait à remplir des conditions plus difficiles que la batterie n° 3.

La batterie n° 4, destinée à battre obliquement la courtine 6-7 dans la direction du fossé de la face

gauche du bastion 6, était établie dans la place d'armes saillante du bastion 6. Son armement se composait de 4 canons de 16. Ces quatre pièces devaient tirer à la charge du tiers du poids du boulet.

Conditions du tir en brèche.

La batterie n° 4 devait ouvrir dans la courtine 6-7 une brèche de 20 mètres de largeur à une hauteur de 4 mètres au-dessus du fond du fossé, le milieu de cette brèche étant fixé à $19^{m}55$ de l'angle de flanc du bastion 7.

L'escarpe, inclinée au cinquième, avait $11^{m}45$ de hauteur totale et la partie à battre se trouvait à une distance moyenne de 159 mètres de la genouillère de la batterie. L'inclinaison du tir se trouvait ainsi de 2° 42' dans le plan vertical, et l'angle d'incidence sur l'escarpe était, en moyenne, de 25 degrés dans le plan horizontal. La portion de maçonnerie à battre était en excellent état, et il fut reconnu après l'exécution de la brèche que son épaisseur au niveau de la tranchée horizontale était de $4^{m}28$.

Marche du tir.

Dans le but de diminuer les chances et les inconvénients du ricochet qui étaient ici plus à craindre, puisque la charge de poudre était plus faible

et la distance du but plus grande que dans l'opération précédente, on a d'abord dirigé le feu de la pièce de droite sur l'extrémité gauche de la tranchée, de manière à entamer la muraille sous l'angle le plus grand possible, puis on a tiré successivement les trois autres pièces dans le même trou, de façon à l'agrandir, et l'on a continué cette marche dans les salves suivantes en appuyant lentement vers la droite pour prolonger l'ouverture ainsi formée dans la muraille jusqu'à ce qu'elle eût atteint la longueur que devait avoir la tranchée horizontale. Ce résultat a été obtenu après la trente-quatrième salve.

Après chacune des cinq premières salves ainsi tirées, on a interrompu le feu pour mesurer les formes et dimensions des excavations (voir le tableau n° 9).

On a ensuite continué le tir sans interruption jusqu'à la trente-quatrième salve. Il fut alors suspendu de nouveau pour reconnaître l'état de la tranchée horizontale après 136 coups de canon. C'était le nombre de coups qui avaient suffi dans l'expérience précédente pour donner à la tranchée une profondeur convenable.

Relèvement de la tranchée horizontale après 136 coups.

A ce moment, la tranchée horizontale était ouverte sur une longueur de $19^{m}50$ et avait une profondeur moyenne de $1^{m}45$. Ainsi la surface de sa

section méridienne était de 28 mètres carrés (voir le tableau 10).

Formation des tranchées verticales. — Chute du revêtement.

Cette tranchée ne se trouvant pas suffisamment approfondie, on y a dirigé encore 24 coups de canon qui lui ont donné une profondeur de 2 mètres, et l'on a commencé ensuite les deux tranchées verticales, en dirigeant les deux pièces de droite sur la tranchée de gauche, et les deux pièces de gauche sur la tranchée de droite. La formation de ces tranchées, surtout celle de gauche qui était plus éloignée du flanc du bastion 6 qui servait de masque et où il fallait entamer un parement intact, a été lente, parce que, quelques boulets ricochant, il était nécessaire d'apporter, par motif de sécurité, une très grande attention dans le pointage et de ne pas trop relever les coups. Ces précautions ont probablement contribué à rendre très longue la formation des tranchées verticales. Quoi qu'il en soit, au 111e coup de canon dirigé dans ces tranchées verticales, le revêtement, sollicité par son poids, a écrasé les points d'appui latéraux qui le tenaient suspendu et est descendu lentement sur le bord inférieur de la tranchée horizontale; et comme, dans ce mouvement, il désagrégeait les terres du parapet, celles-ci, en s'accumulant derrière lui et en glissant par les ouvertures qui se présentaient,

ont fait dévier sa partie inférieure et l'ont entraîné dans le fossé. Ainsi, contrairement à ce qui était arrivé dans les autres brèches, le revêtement, au lieu de se renverser la partie supérieure en avant, est descendu en roulant sur les terres qui coulaient au-dessous. Après sa chute, il s'est trouvé rompu, suivant sa hauteur, en trois morceaux principaux qui couvraient le milieu et la droite de l'éboulement et en plusieurs blocs de moindre dimension épars au pied de la brèche. Il y avait deux contre-forts brisés à leur racine et entièrement découverts, l'un au milieu et l'autre vers la gauche. Aux deux extrémités de la brèche, il était resté de larges pans de la face postérieure du mur.

Le renversement de l'escarpe avait exigé 271 boulets de 16 tirés à la charge du tiers et 4 heures 28 minutes; 160 boulets et 2 heures 17 minutes pour la tranchée horizontale; 111 boulets et 2 heures 11 minutes pour les tranchées verticales. La brèche ayant 18^{m}30 dans sa partie la plus étroite, c'est par mètre courant de revêtement un peu moins de 15 boulets.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les terres du parapet.

Pour détruire les parties de maçonnerie restées debout et les contre-forts, il a fallu 56 boulets tirés coup pour coup, et pour rendre la brèche praticable on a tiré 92 coups, les 4 pièces faisant feu au même commandement.

Etat de la brèche terminée.

La brèche était bien praticable ; sa pente générale était de 32 degrés. L'escarpement des terres au sommet, que la prudence n'avait pas permis de détruire, était assez considérable à la gauche et au milieu, mais il était presque nul à la droite. Il y avait de ce côté, vers le milieu de la hauteur de la brèche, un gros bloc de maçonnerie qui n'avait point été recouvert de terre. D'autres blocs se montraient aussi au pied du talus, mais ne gênaient pas sensiblement le passage.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale avait été formée en 2 heures 17 minutes, sur une longueur de 1950, par 160 boulets de 16 tirés à la charge de 2^{k}667 de poudre, et les tranchées verticales avaient demandé 2 heures 11 minutes et 111 coups tirés à la même charge.

Le revêtement est ainsi tombé après 271 coups et après 2 heures 28 minutes de tir.

On a tiré 56 coups en 1 heure 2 minutes sur les maçonneries restées debout.

Pour rendre la brèche praticable, on a tiré sur les terres 92 coups, toujours à la même charge, et ce tir a exigé 1 heure 14 minutes.

Ce qui fait, au total, 419 coups de canon, représentant 3,352 kilogrammes de fonte, et 1,117

kilogrammes de poudre, et 6 heures 44 minutes.

La brèche ayant une largeur de 18^{m}30 au parement, c'est 183^{k}17 de fonte et 61^{k}06 de poudre par mètre courant.

BATTERIE N° 5.

Brèche faite avec 4 canons de 12 de campagne. Tir direct. (Pl. 4, fig. 1 à 11.)

29. La batterie n° 5, destinée à faire un premier essai sur l'efficacité des canons de 12 de campagne pour battre en brèche, était placée sur le sommet du glacis de la branche droite de la contre-garde 17. Son armement se composait de quatre canons. Ces quatre pièces devaient tirer à la charge de campagne, c'est-à-dire avec des cartouches à boulet confectionnées. Elles avaient été espacées dans la batterie à la distance de 4 mètres d'axe en axe.

Les plates-formes à la prussienne, inclinées au dix-septième, avaient été prolongées par un talus au sixième. Cette disposition a été suffisante pour atténuer les reculs. La genouillère avait 0^{m}80 de hauteur.

Conditions du tir en brèche.

La portion d'escarpe à battre avait 7^{m}50 de hauteur totale; son talus était incliné au sixième et sa distance moyenne à la ligne des genouillères était de 34 mètres. La position de la tranchée horizontale, qui devait être ouverte sur une longueur de

16 mètres et de manière que le milieu de cette tranchée fût situé à une distance de 17m40 du saillant de la contre-garde, avait été fixée à 2m75 au-dessus du fond du fossé. Par suite de ces dispositions, l'inclinaison du tir se trouvait être de 9° dans le plan vertical, et l'angle moyen d'incidence des projectiles sur l'escarpe, mesuré dans le plan horizontal, était de 80°30'. La portion de maçonnerie à battre était en bon état, quoique le parement fût généralement détruit sur une épaisseur d'une demi-brique. Cette maçonnerie se composait d'assises alternatives de craie chloritée et de briques sur trois ou quatre de hauteur. Son épaisseur au niveau de la tranchée horizontale était de 1m82. Le parapet était très bas et complétement nivelé avec le terre-plein.

Marche du tir.

Le feu a été dirigé pour chaque pièce, d'abord sur la gauche des 4 mètres de champ de tir qu'elle avait sur le revêtement, puis successivement à un mètre sur la droite des coups précédemment tirés. Les excavations produites par les seize premiers boulets présentaient, en moyenne, les dimensions suivantes (voir le tableau n° 11); l'enfoncement total des boulets était de 0m84; la hauteur du tronc de cône antérieur était de 0m13; sa grande base avait 0m38 de diamètre et sa petite base 0m20.

Pour les seize coups suivants tirés dans les intervalles de ceux de la première série, la moyenne de l'enfoncement total a été de 1^{m}00 (voir le tableau n° 12).

Relèvement de la tranchée horizontale après 84 coups.

On a ensuite continué le tir sans interruption jusqu'à la 21e salve. A ce moment, la tranchée horizontale était ouverte sur une longueur de 15^{m}60 et avait 1^{m}12 de profondeur moyenne (voir le tableau n° 13). Ainsi la surface de sa section était de 17 mètres carrés et demi. Le revêtement avait été complétement traversé sur six points différents. Un boulet avait pénétré dans la terre jusqu'à 3^{m}35.

Formation des tranchées verticales.

Le tir ayant été repris, on a encore tiré 24 coups sur les parties les plus saillantes de la tranchée horizontale et, après 108 coups ainsi tirés, on a commencé les tranchées verticales extrêmes avec la pièce de droite et la pièce de gauche, pendant que celles du centre continuaient de tirer dans la tranchée horizontale. Après la 31e salve, les quatre pièces ont été pointées sur les tranchées verticales, et l'on a tiré six salves de cette manière.

En ce moment, c'est-à-dire après 118 coups dans la tranchée horizontale, et 30 coups dans les tranchées verticales, aucun mouvement indiquant une chute prochaine ne se manifestant dans le re-

vêtement, on a entrepris une tranchée verticale au milieu de la brèche avec deux pièces, tandis que les deux autres continuaient de tirer dans les tranchées extrêmes. Après quatre salves, cette tranchée paraissant suffisamment ouverte, on est revenu aux tranchées extrêmes en pointant deux pièces sur chacune d'elles, et cette salve, la 42e depuis le commencement du tir, n'ayant pas produit l'effet attendu, l'on s'est décidé à creuser de nouveau la tranchée horizontale, et, pour produire en même temps le plus grand ébranlement possible, à faire feu des quatre pièces à la fois. Quatre salves ainsi tirées n'ayant donné aucun résultat, on a tiré la 47e dans les tranchées verticales. Une partie de la face antérieure du revêtement est alors tombée entre la tranchée de gauche et celle du milieu. Après quatre nouvelles salves tirées coup pour coup dans les tranchées verticales, on a exécuté les 52e et 53e en faisant feu des quatre pièces à la fois. A la 53e, une grande partie de l'épaisseur du mur, sur toute l'étendue de la brèche, est tombée, mais sans laisser voir la terre en aucun endroit.

Chute du revêtement.

La chute de cette partie du revêtement diminuant le poids de la partie supérieure, et donnant lieu de craindre que la partie qui restait en place ne fût difficile à enlever, on se décida, après avoir encore tiré deux salves au sommet des tranchées verticales,

à commencer une nouvelle tranchée horizontale à 40 centimètres au-dessus de la première, celle-ci se trouvant complétement obstruée par les débris. Il y avait alors 220 coups de canon tirés. Au 251e, le reste du revêtement est tombé, laissant à découvert trois contre-forts, dont un contigu à la tranchée verticale de droite. Une masse de terre de 3 mètres cubes environ était descendue de ce même côté jusqu'au milieu du talus.

Récapitulation sommaire.

Le renversement de l'escarpe avait ainsi demandé 251 boulets et 2 heures 45 minutes; 118 boulets et 1 heure 34 minutes pour la tranchée horizontale; 133 boulets et 1 heure 11 minutes pour les autres tranchées. La brèche ayant 15m30 dans sa partie la plus étroite, c'est par mètre courant un peu plus de 16 boulets, et par mètre cube de maçonnerie détruite environ 2 boulets.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les terres du parapet.

Pour détruire les contre-forts, il a fallu 113 coups de canon et 1 heure 7 minutes. Ensuite, 28 boulets tirés par salves dans les terres, en 19 minutes, ont suffi pour rendre la brèche praticable.

Etat de la brèche terminée.

L'inclinaison générale du talus était de 36 degrés,

et les terres recouvraient bien partout les débris de maçonnerie.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale a été formée sur une longueur de 15^m50 par 118 boulets de 12, tirés à la charge de 1^k958, en 1 heure 34 minutes.

Les trois tranchées verticales et la seconde tranchée horizontale ont demandé 133 boulets et 1 heure 11 minutes.

Le revêtement est ainsi tombé après 251 coups de canon et 2 heures 45 minutes.

On a tiré 113 coups sur les contre-forts et sur les restes de maçonnerie, ce qui a exigé 1 heure 7 minutes, et 28 coups dans les terres, qui ont employé 19 minutes.

C'est donc, au total, 392 coups de canon de 12, représentant 2,352 kilogrammes de fonte et 767 kilogrammes de poudre, et 4 heures 11 minutes.

La brèche ayant 15^m30 de largeur au parement, c'est, par mètre courant, 153^k30 de fonte et 51^k10 de poudre.

ERRATA

DES EXPÉRIENCES FAITES A YPRES.

Les épreuves n'ayant pas été corrigées par l'auteur, plusieurs erreurs ont été commises.

Pages,

7 Supprimez le titre : *Expériences sur la pénétration.*
id. Ligne 13, lisez : *pétarder* au lieu de *pitarder.*
8 Au bas, lisez : *caisses remplies* au lieu de *caissons remplis.*
11 Ligne 16, premier mot, lisez : *montre* au lieu de *montrent.*
13 — 8, lisez : *tranchées* au lieu de *tranchés.*
14 — 21, lisez : *Fig. I, IV et V* au lieu de *Fig. IV et V.*
id. — 23, lisez : *écrous, poignées* au lieu de *écrous-poignées.*
17 { 2e colonne, n° 1 à 10, } lisez : { *argile et sable : terres rassises et compactes* } au lieu de { *argile et sable très compactes terres rassises* }
id. { 10e colonne, nos 14 et 15, } lisez : { 18' 30" / 20' » } au lieu de { 8' 30" / 0' » }
18 Ligne 14, lisez : *minute* au lieu de *minute.*
19 — 27, lisez : *pour faire pénétrer* au lieu de *pour pénétrer.*
23 — 2, lisez : *vierge ou non* au lieu de *vierge et non.*
24 — 3, lisez : *que pour* au lieu de *que par.*
25 Dernière ligne, lisez : 0^{m},134 au lieu de 1^{m},134.
26 Ligne 23, lisez : *qui retomberont* au lieu de *qui retombent.*
27 — 6, lisez : *avancera* au lieu de *avance.*
28 — 22, commencez à la ligne au mot : *Indépendamment.*
id. — 25, lisez : *contenterons* au lieu de *contenterions.*

JOURNAL

DES

ARMES SPECIALES.

EXPÉRIENCES

DE BAPAUME.

(SUITE.)

BATTERIE N° 6.

Brèche faite avec 4 canons de 16 tirant à la charge du tiers. Tir direct ordinaire. (Pl. 4, fig. 12 à 21.)

30. Quoique le feu des batteries nos 6 et 7 ait été exécuté simultanément, on rendra compte sé-

parément de chacune de ces deux expériences, afin d'éviter toute confusion.

La batterie n° 6, destinée à battre la face gauche du bastion 6, était placée dans le chemin couvert de la demi-lune 15; la pièce de droite était même établie en remblai sur le fossé de cette demi-lune; sa construction était d'ailleurs conforme aux règles établies. Elle était armée des quatre canons de 16 qui avaient déjà servi au tir de la batterie oblique n° 4. Ces canons devaient encore tirer à la charge du tiers.

Conditions du tir en brèche.

L'escarpe à battre avait 10m76 de hauteur totale au-dessus du fond du fossé; son talus était incliné au sixième, et sa distance moyenne à la ligne des genouillères des embrasures était de 53 mètres. La position de la tranchée horizontale, qui devait être ouverte sur une longueur de 20 mètres, et de manière que le milieu de cette tranchée fût à 15m50 de l'épaule gauche du bastion, avait été fixée à 3m76 au-dessus du fond du fossé. Par suite de ces dispositions, l'inclinaison du tir se trouvait être de 7°12' dans le plan vertical, et l'angle moyen d'incidence des projectiles sur l'escarpe, mesuré dans le plan horizontal, était de 77 degrés. Il fut reconnu, après l'exécution de la brèche, que l'épaisseur du revêtement au niveau de la tranchée horizontale était

de 4^m34. La portion de maçonnerie à battre était en bon état, le parapet était bas.

Marche du tir.

Les quatre pièces ont d'abord été pointées vers la gauche de leur champ de tir, puis successivement à 1 mètre sur la droite des coups précédemment tirés. Après cinq salves, la tranchée horizontale s'est trouvée marquée de 20 trous espacés, d'axe en axe, à 1 mètre les uns des autres.

Excavations produites par les premiers boulets.

La mesure des excavations produites par ces premiers boulets a donné les résultats moyens suivants : la grande base des troncs de cône extérieurs avait 0^m46 de diamètre, et la petite base, 0^m28. La hauteur de ces troncs de cône était de 0^m28, et la profondeur totale moyenne des pénétrations des projectiles était de 0^m93. (Voir le tableau n° 14).

Pour les vingt coups suivants, tirés dans les intervalles des premiers, la profondeur totale a été de 1^m04. (Voir le tableau n° 15).

Relèvement de la tranchée horizontale après 80 coups.

Le tir, ayant été repris, a été continué jusqu'à la vingtième salve; on a alors relevé les profon-

deurs de la tranchée horizontale en la sondant de mètre en mètre. Sa profondeur moyenne était en ce moment de 1^m06 sur une longueur totale de 20^m50, c'est-à-dire que la section de cette tranchée était de près de 22 mètres carrés. Le revêtement n'avait d'ailleurs été traversé sur aucun point. Le trou le plus profond avait 2^m20. (Voir le tableau n° 16).

Après ce relèvement, on a continué le feu dans la tranchée horizontale, et on y a tiré 25 salves, ce qui faisait, depuis le commencement, 180 coups de canon.

Formation des tranchées verticales— Chute du revêtement.

On a alors commencé les tranchées verticales avec les pièces extrêmes, celles du centre continuant de tirer dans la tranchée horizontale pour dégorger quelques points saillants. Après cinq salves ainsi tirées, les quatre pièces ont été pointées dans les tranchées verticales, et un instant après que la batterie eut tiré sa cinquante-sixième salve, le revêtement s'est partagé dans son milieu et le long d'une cheminée d'aérage qui existait en arrière. La partie gauche de la brèche s'est affaissée sur elle-même et d'une seule pièce, en glissant le long des débris, tandis que la partie droite se rabattait, la partie supérieure en avant, et se brisait. Une grande partie de la face postérieure de la mu-

raille restait en place, maintenue par la cheminée et les contre-forts.

Récapitulation sommaire.

Ainsi il avait fallu pour arriver au renversement de l'escarpe, 224 boulets de 16, tirés à la charge du tiers, et cette opération avait employé 3 heures 34 minutes. Ces nombres se décomposent ainsi : 190 boulets et 2 heures 52 minutes pour la tranchée horizontale ; 34 boulets et 42 minutes pour les tranchées verticales. La brèche ayant 19^{m}70 au parement, c'est par mètre courant environ 11 boulets, et par mètre cube de maçonnerie détruite, environ 1/2 boulet.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les terres du parapet.

On a employé 96 boulets et 1 heure 36 minutes à faire disparaître les restes de maçonnerie. Il a fallu ensuite 88 boulets tirés par salves, et 59 minutes pour rendre la brèche praticable.

Etat de la brèche terminée.

Celle-ci était d'un accès facile. Son talus général était de 37 degrés, et les débris du revêtement étaient bien recouverts de terre, sauf quelques blocs placés vers le milieu de la base de l'éboulement.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale avait été ouverte sur une longueur de 20m50, par 190 boulets de 16, tirés à la charge de 2k667 de poudre, en 2 heures 52 minutes;

Les tranchées verticales avaient demandé 34 boulets et 42 minutes;

Le revêtement était ainsi tombé après 224 coups de canon et 3 heures 34 minutes.

On a tiré sur les contre-forts et sur les parties de maçonnerie restées debout 96 coups, qui ont exigé l'emploi de 1 heure 36 minutes;

Et pour achever la brèche, on a tiré dans les terres 88 coups en 59 minutes.

Ce qui fait, au total, 6 heures 9 minutes et 408 coups de canon, représentant 3,264 kilogrammes de fonte et 1,088 kilogrammes de poudre.

La brèche ayant 19m70 de largeur au parement, c'est par mètre courant 165k70 de fonte et 55k20 de poudre.

BATTERIE N° 7.

Brèche faite avec 4 canons de 16, tirant à la charge de la moitié. Tir direct ordinaire. (Pl. 5, fig. 1 à 10.)

31. La batterie n° 7, destinée, comme la précédente, à battre en brèche la face gauche du bastion 6, était placée à la gauche de la batterie n° 6, et sur la même ligne. Son armement se composait

des quatre canons de 16 qui avaient déjà servi au tir de la batterie n° 3.

Conditions du tir en brèche.

L'escarpe à battre avait 10m70 de hauteur totale, son talus était incliné au sixième, et sa distance moyenne à la genouillère était de 48 mètres. La position de la tranchée horizontale avait été fixée à 3m76 au-dessus du fossé, son milieu étant à 21 mètres du saillant du bastion. L'inclinaison du tir se trouvait ainsi de 7°12' dans le plan vertical, et l'angle moyen d'incidence des projectiles dans le plan horizontal était de 81 degrés. La portion d'escarpe à battre présentait de la maçonnerie de deux époques et correspondait à l'emplacement de la brèche faite, en 1641, par le maréchal de la Meilleraye.

La marche du tir de la batterie n° 7 a été exactement celle suivie pour la batterie n° 6.

Excavations produites par les premiers boulets.

Pour les seize premiers boulets, la grande base des entonnoirs avait 0m47 de diamètre, et la petite base 0m28. La hauteur du tronc de cône était aussi de 0m28, et la pénétration totale des projectiles était de 1m08. (Voir le tableau n° 17).

Pour les seize coups suivants, tirés dans les intervalles des premiers, la profondeur totale a été de 1m21. (Voir le tableau n° 18).

Relèvement de la tranchée horizontale après 80 coups.

Après la vingtième salve, la tranchée horizontale était ouverte sur une longueur de 21 mètres, et sa profondeur moyenne était de 1m09, c'est-à-dire que la section de cette tranchée était de près de 23 mètres carrés. La pénétration la plus considérable était de 1m85. (Voir le tableau n° 19).

Formation des tranchées verticales.

Après 38 salves (152 coups) tirées dans la tranchée horizontale, on a commencé les tranchées verticales avec les deux pièces extrêmes, celles du centre continuant à être dirigées dans la tranchée horizontale. Après cinq salves ainsi tirées, toutes les pièces ont été pointées dans les tranchées verticales jusqu'à la cinquante-deuxième salve.

Chute du revêtement.

Le revêtement est alors tombé en se rabattant, la partie supérieure en avant, et en entraînant après lui une grande quantité des terres du parapet qui ont couvert en partie les débris de l'escarpe. Des portions de la face postérieure du mur étaient restées, surtout vers les angles de la brèche.

Récapitulation sommaire.

Ainsi, il avait fallu pour faire tomber le revêtement 208 boulets, et cette opération avait exigé 3 heures

32 minutes. Ces nombres se décomposent ainsi : 162 boulets et 2 heures 35 minutes pour la tranchée horizontale ; 46 boulets et 47 minutes pour les tranchées verticales. La brèche ayant 20 mètres de largeur dans sa partie la plus étroite, c'est par mètre courant 10 boulets et 4/10, et par mètre cube de maçonnerie détruite, sensiblement le même nombre que dans la brèche précédente.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les terres du parapet.

On a employé pour faire disparaître les restes de maçonnerie 1 heure 28 minutes et 88 boulets, dont 40 à la charge de la moitié et 48 à la charge du tiers. Il a fallu ensuite 96 boulets, tirés à la charge du tiers et par salves, et 1 heure 17 minutes pour rendre la brèche praticable.

Etat de la brèche terminée.

Celle-ci était d'un accès encore plus facile que la précédente. Elle était mieux recouverte par les terres et son talus général n'était que de 35°.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale avait été ouverte sur une longueur de 21 mètres par 162 boulets de 16, tirés à la charge de 4 kilogrammes de poudre, en 2 heures 35 minutes ;

Les tranchées verticales avaient demandé 46 boulets et 47 minutes ;

Le revêtement était ainsi tombé après 208 coups et 2 heures 32 minutes;

On a tiré sur les restes de maçonnerie 88 coups dont 40 à la charge de la moitié et 48 à la charge du tiers, et cette opération a duré 1 heure 28 minutes.

Pour achever la brèche, on a tiré dans les terres, en 1 heure 17 minutes, 96 coups au tiers.

Ce qui fait, au total, 6 heures 7 minutes et 392 coups, représentant 3136 kilogrammes de fonte et 1376 kilogrammes de poudre.

La brèche ayant 20 mètres de largeur au parement, c'est par mètre courant 156k60 de fonte et 68k80 de poudre.

BATTERIE N° 8.

Brèche commencée avec 4 canons de 24 tirant à la charge de la moitié. Tir oblique à grande distance. (Pl. 5, fig. 11 à 14.)

32. Le succès obtenu avec les batteries obliques nos 3 et 4 avait déterminé à répéter l'essai de l'exécution des brèches de ce genre, en se plaçant à des distances plus considérables et en diminuant l'ouverture de l'angle d'incidence des projectiles sur l'escarpe. La batterie n° 8 avait, en conséquence, été construite sur la crête du chemin couvert de la face droite du bastion 1 pour battre en brèche, dans la direction du fossé de la face droite, la courtine 1-2. Cette batterie était armée des quatre pièces de

24 qui avaient déjà servi au tir de la batterie n° 1. Elles devaient, comme dans la batterie n° 1, tirer à la charge de la moitié du poids du boulet.

Conditions du tir en brèche.

La batterie n° 8 devait ouvrir dans la courtine 1-2 une brèche de 20 mètres environ de largeur. On avait fixé la position de la tranchée horizontale à 4m50 au-dessus du fond du fossé, enfin le milieu de la brèche devait se trouver à une cinquantaine de mètres de l'angle de flanc du bastion 2. L'escarpe, inclinée au cinquième, avait 12 mètres de hauteur totale, et la partie à battre se trouvait à une distance moyenne de 260 mètres de la genouillère de la batterie. L'inclinaison du tir se trouvait ainsi de 2° dans le plan vertical et l'angle d'incidence des projectiles sur l'escarpe, mesuré dans le plan horizontal, et pour chaque pièce sur l'extrémité gauche de son champ de tir, était pour la première pièce à gauche de 21°, pour la deuxième de 19°15', pour la troisième de 17°25', et pour la quatrième de 15°35'. L'angle moyen maximum était ainsi de 18°19'.

La maçonnerie était en très bon état et très solide. L'explosion d'un baril de 100 kilogrammes de poudre, placé à son pied pour l'étonner, n'y avait produit qu'un effet insignifiant.

Marche du tir.

Pour diminuer dans les premières salves les chances dangereuses du ricochet sur le parement, les feux des pièces furent croisés ; la pièce de droite pointée sur l'extrémité gauche de la brèche rencontrait ainsi l'escarpe sous l'angle le plus grand de tous ; la pièce de gauche, dirigée sur la gauche du champ du tir habituel de la pièce de droite, arrivait, il est vrai, sur l'escarpe sous un angle très aigu, mais dans un point plus rapproché du cul-de-sac formé par la courtine, le flanc et l'orillon du bastion 2, et où les boulets qui ricocheraient pourraient être arrêtés.

Excavations produites par les premiers boulets.

L'examen des effets produits par la première salve a fourni les résultats suivants :

Le boulet de la première pièce avait écorché le revêtement sur une longueur de 2 mètres et sur une hauteur de 1^m10. La profondeur maxima du trou était de 0^m50. Le boulet avait été complétement amorti et était tombé au pied de l'excavation et à 10 mètres de l'escarpe (voir le tableau n° 20).

Celui de la deuxième pièce avait produit une excavation de 2 mètres de longueur, 0^m90 de largeur et 0^m32 de profondeur. Il avait aussi été amorti et était tombé à 20 mètres de l'escarpe un peu au delà de son trou.

Le troisième boulet avait creusé la muraille sur 2 mètres de longueur, $0^{m}70$ de largeur et $0^{m}28$ de profondeur. Il avait ensuite rebondi à 40 mètres au delà du point qu'il avait touché et près de l'angle d'épaule du bastion 2.

Le quatrième boulet avait fait sur l'escarpe une entaille de 1 mètre de long, $0^{m}60$ de large et $0^{m}30$ de profondeur; il s'était ensuite relevé avec une vitesse encore considérable et était allé s'amortir sur l'orillon.

Le premier boulet de la deuxième salve était tombé dans le trou de la première salve, et, sans élargir cette excavation, avait porté sa longueur à 3 mètres et sa profondeur à $0^{m}55$.

Le deuxième boulet avait fait une nouvelle excavation de 2 mètres de longueur, de $0^{m}90$ de largeur et de $0^{m}45$ de profondeur.

Le troisième avait également fait une nouvelle excavation de $1^{m}85$ de longueur, $0^{m}70$ de largeur et $0^{m}45$ de profondeur.

Le quatrième était tombé dans le trou de la première salve et, sans l'élargir ni l'approfondir, avait porté sa longueur à 2 mètres.

Ces quatre nouveaux boulets, soit qu'ils eussent rencontré le parement intact, soit qu'ils eussent frappé des surfaces moins inclinées, s'étaient relevés davantage que les premiers et avaient tous été renvoyés sur l'orillon, ou au delà dans le fossé de la face droite du bastion 2, ou sur la gorge de la demi-lune.

A la troisième salve, le premier boulet a fait un nouveau trou de 2 mètres de longueur, 1 mètre de largeur, et 0^m50 de profondeur.

Le deuxième boulet a frappé dans le deuxième trou de la deuxième salve. Il a porté la longueur de cette excavation à 3^m30 et sa largeur à 1^m10. La profondeur du prolongement n'était que de 0^m35.

Le troisième boulet a fait un nouveau trou de 2 mètres de longueur, 0^m90 de largeur et 0^m35 de profondeur.

Le quatrième a également fait un nouveau trou de 1^m65 de longueur, 0^m90 de largeur et 0^m25 de profondeur.

Il a été, en outre, constaté pour cette salve qu'un boulet était allé tomber dans le fossé de la face droite du bastion 2 à 40 mètres au delà de l'angle d'épaule. Un deuxième boulet a été retrouvé entre l'orillon et la courtine; le troisième, retrouvé au même endroit, avait ricoché sur l'orillon, puis sur la courtine, de là sur le flanc qui l'avait renvoyé sur l'orillon. Le quatrième boulet n'a pas été retrouvé, soit qu'il fût allé dans la campagne, soit qu'il eût pénétré dans la muraille.

Le premier boulet de la quatrième salve a fait un nouveau trou de 1^m80 de longueur, sur 1^m10 de largeur et 0^m45 de profondeur.

Le deuxième est tombé dans le même trou que le précédent et a porté sa longueur à 2^m00 et sa largeur à 1^m25.

Le troisième, ayant frappé dans un trou ancien, on n'a pas pu déterminer exactement ses effets. Il en fut de même du quatrième.

Un boulet de cette salve avait ricoché sur l'orillon et était tombé au pied du trou qu'il y avait fait à 1m50 au-dessus du fossé. Un deuxième boulet, après avoir ricoché de l'orillon sur la courtine, était venu rouler près du précédent. Un troisième avait frappé l'orillon dans sa partie supérieure et en dedans. Le quatrième était au pied de la brèche.

Le premier boulet de la cinquième salve a fait un nouveau trou de 1m90 de longueur, 0m70 de largeur, et 0m35 de profondeur. Les trois autres n'ont fait que prolonger des trous déjà formés.

Dans cette salve deux boulets avaient été complétement amortis et se trouvaient au pied de la brèche; mais les deux autres n'ont pas été retrouvés.

Il résulte de l'examen de ces premiers effets, en ne tenant compte que des excavations résultant du choc d'un seul boulet, que les boulets de 24 tirés à la charge de la moitié, à 260 mètres de distance et sous un angle moyen de 18°19', forment, en moyenne, dans des maçonneries du genre de celles de Bapaume, des écorchements de 1m85 de longueur, 0m86 de largeur et 0m38 de profondeur maxima (voir le tableau n° 20.)

Après ces opérations préliminaires, la tranchée horizontale se trouvant tracée d'une manière pres-

que continue, on commença à tirer sans interruption pour l'approfondir, chaque pièce étant dirigée sur son champ de tir propre. Mais à la quatrième salve ainsi tirée, un boulet, en frappant sur la partie inférieure de la tranchée horizontale, s'était relevé et avait passé par-dessus le parapet de l'orillon pour tomber dans le bastion 2. A la cinquième salve, un autre boulet, ricochant de la même manière et s'élevant au-dessus du bastion, était allé tomber à 400 mètres dans la campagne, vers la route de Douai. Le président fit alors suspendre le tir et, sur sa proposition, la Commission, considérant que les résultats déjà obtenus démontraient suffisamment la possibilité de faire brèche dans les conditions où l'on était placé, et que, par suite, il n'y avait pas lieu de persister dans un tir dangereux, décida que l'expérience ne serait pas continuée.

Relèvement de la tranchée horizontale après 40 coups.

Il résulta de l'examen de la tranchée horizontale qu'elle était ouverte sur une longueur de 27 mètres, sauf une interruption de 0^m80 vers son milieu, et que sa profondeur moyenne était de 0^m60. Sa section était, par conséquent, de 16 mètres carrés environ avec 40 coups de canon seulement. Si l'on compare ce résultat avec ceux obtenus dans les batteries obliques nos 3 et 4, on en peut conclure que l'exécution de la brèche était certaine,

car pour la batterie n° 3 la section de la tranchée horizontale n'était que de 26 mètres carrés après 84 coups, et pour la batterie n° 4 cette même section n'était que de 28 mètres carrés après 136 coups.

BATTERIE N° 9.

33. Cette batterie devait exécuter, comme la précédente, une brèche sur la courtine 1-2, à la distance de 226 mètres et sous un angle d'environ 20 degrés, avec des pièces de 24 tirant à la charge du tiers. Les mêmes motifs qui ont fait suspendre l'exécution de l'expérience précédente ont conduit à annuler celle-ci.

BATTERIE N° 10.

Brèche faite avec 4 canons de 16 tirant à la charge du tiers. Tir direct ordinaire. (Pl. 6, fig. 1 à 9.)

34. La batterie n° 10, destinée à vérifier l'efficacité du mode de tir en brèche, suivi par la Commission, sur un revêtement de petit profil, était placée sur la crête du chemin couvert de la demi-lune 15 pour faire brèche à la face gauche de cette demi-lune. Elle était armée des quatre canons de 16 qui avaient déjà servi au tir des batteries n°s 4 et 6.

Conditions du tir en brèche.

L'escarpe à battre avait 7^{m}40 de hauteur totale au-dessus du fond du fossé; son talus était incliné au cinquième et sa distance moyenne à la genouillère de la batterie était de 32 mètres. La position de la tranchée horizontale, qui devait être ouverte sur une longueur de 20 mètres et de manière que le milieu de cette tranchée fût à 25 mètres du saillant de la demi-lune, avait été fixée à 2^{m}50 au-dessus du fond du fossé. L'inclinaison du tir était par suite de ces dispositions de 8°45' dans le plan vertical et l'angle moyen d'incidence dans le plan horizontal était de 90 degrés. La maçonnerie était bonne, quoique le parement de briques fût en partie tombé. Il fut reconnu, après l'exécution de la brèche, que l'épaisseur du revêtement au niveau de la tranchée horizontale était de 2^{m}43. Le parapet était presque complétement effacé; les terres s'élevaient à peine à 50 centimètres au-dessus du cordon. Cette circonstance était favorable au but spécial de l'expérience.

La marche du tir a été la même dans le commencement que pour les batteries directes précédentes, où l'on avait employé des canons de 16.

Excavations produites par les premiers boulets..

Les excavations produites par les seize premiers boulets avaient en moyenne 1^{m}54 de profondeur

totale. Celles produites par les seize boulets de la deuxième série avaient en moyenne 1^m58.

Relèvement de la tranchée horizontale après 60 coups.

Après 60 coups tirés, la profondeur de la tranchée horizontale ayant été mesurée de mètre en mètre, il a été reconnu que cette profondeur était, en moyenne, de 1^m31. Comme cette tranchée était ouverte sur une longueur de 20 mètres, la surface de sa section était de 26 mètres carrés. Le revêtement avait été traversé sur deux points.

Formation des tranchées verticales. Chute du revêtement.

La tranchée horizontale paraissant suffisamment creusée après 80 coups, on a commencé les tranchées verticales, en dirigeant sur chacune d'elles les deux pièces du même côté. On a tiré dans les tranchées verticales jusqu'à la trente-deuxième salve, sauf 6 coups isolés qui ont encore été dirigés sur les extrémités de la tranchée horizontale pour les dégorger. La trente-deuxième salve ayant été tirée les quatre pièces à la fois pour produire un grand ébranlement, le revêtement s'est renversé dans le fossé la partie supérieure en avant. Une grande partie de la face postérieure du mur était restée debout maintenue par quatre contre-forts,

entre lesquels la terre se présentait d'aplomb et sans aucune fissure.

Récapitulation sommaire.

Ainsi il avait fallu pour obtenir la chute du revêtement 128 coups de canon, et cette opération avait duré 1 heure 36 minutes. Ces nombres se décomposent ainsi : 86 boulets et 1 heure 7 minutes pour la tranchée horizontale ; 42 boulets et 29 minutes pour les tranchées verticales. La brèche ayant $20^{m}60$ de largeur au parement, c'est par mètre courant 6 boulets 2 dixièmes ; et par mètre cube de maçonnerie détruite environ 6 dixièmes de boulet.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les terres du parapet.
Etat de la brèche terminée.

On a ensuite tiré sur les parties du revêtement restées debout jusqu'à la quarante-septième salve. Ces débris ayant alors à peu près disparu, on a tiré dans les terres pour démasquer les queues des contre-forts, et ceux-ci ayant été complétement rasés à la cinquante-deuxième salve, on a fait feu des quatre pièces à la fois dans les terres du parapet jusqu'à la cinquante-septième salve. La brèche s'est alors trouvée terminée et très douce. Son talus général était de 32 degrés. La terre recouvrait bien tous les débris.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale avait été ouverte sur une longueur de 20 mètres par 86 boulets en 1 heure 7 minutes;

Les tranchées verticales avaient demandé 42 boulets et 29 minutes;

Le revêtement était ainsi tombé après 128 coups de canon et 1 heure 36 minutes;

On a tiré sur les maçonneries restées debout 64 coups en 59 minutes;

Pour achever la brèche, on a tiré dans les terres 40 coups en 41 minutes.

Ce qui fait, au total, 3 heures 16 minutes et 228 coups de canon de 16 tirés à la charge du tiers, représentant 1,824 kilogrammes de fonte et 608 kilogrammes de poudre.

La brèche ayant 20^{m}60 de largeur au parement, c'est par mètre courant 88^{k}50 de fonte et 29^{k}50 de poudre.

BATTERIE N° 11.

Brèche faite avec 4 canons de 16 tirant à la charge du tiers.
Tir de nuit. (Pl. 6, fig. 10 à 17.)

35. La batterie n° 11, destinée à constater l'efficacité du mode de tir en brèche suivi par la Commission sur une escarpe de grand profil, était placée sur la crête du chemin couvert de la face droite du

bastion 5, pour faire brèche à cette face. Elle était armée des quatre canons de 16 qui avaient déjà servi au tir des batteries nos 3 et 7. Les expériences précédentes donnant toute certitude de réussir la brèche par les moyens employés, la Commission décida que l'on profiterait de cette occasion, où l'on avait à sa disposition un revêtement d'une hauteur considérable, pour faire un essai sur l'exécution des brèches pendant l'obscurité de la nuit.

Conditions du tir en brèche.

L'escarpe à battre avait 14m20 de hauteur totale; son talus était incliné au sixième, et sa distance moyenne à la genouillère de la batterie était de 38 mètres. La face droite du bastion 5 n'avait que 26 mètres d'étendue; il y avait donc tout juste la place nécessaire pour ouvrir une brèche de 20 mètres de largeur. La position de la tranchée horizontale avait été fixée à 5 mètres au-dessus du fond du fossé. Par suite de ces dispositions, l'inclinaison du tir était de 9 degrés dans le plan vertical, et l'angle moyen d'incidence des projectiles dans le plan horizontal était de 90 degrés. Il fut reconnu après l'exécution de la brèche que l'épaisseur du revêtement au niveau de la tranchée horizontale était de 3m07. La maçonnerie était en très bon état, mais le parapet était très bas.

Marche du tir.

Le tir fut exécuté militairement, il n'y avait qu'une seule lanterne sourde dans la batterie. Les pièces ayant été pointées à la tombée du jour sur la tranchée horizontale et les moyens de replacer les affûts dans la position convenable ayant été préparés, le feu a commencé à 9 heures du soir, en dirigeant progressivement les pièces sur toute l'étendue du champ de tir réservé à chacune d'elles sur la tranchée horizontale.

Après 80 coups, la Commission seule est descendue dans le fossé pour examiner l'état de la brèche. La tranchée horizontale était bien dessinée et ouverte complétement, sur une longueur de 21 mètres. Elle était plus profonde vers le milieu qu'à ses extrémités. Une partie du parement était tombée au milieu.

Après 200 coups de canon, la tranchée, quoiqu'un peu large et d'une profondeur irrégulière, eût paru assez avancée si l'on n'eût supposé au revêtement une grande épaisseur. On se décida, en conséquence, à tirer encore 10 salves en dirigeant les deux pièces du milieu vers les extrémités de la tranchée horizontale, pendant que les deux pièces extrêmes amorçaient les tranchées verticales. Après ces dix salves, on en tira encore cinq autres en pointant les quatre pièces dans les tranchées verticales, et après ces 260 coups de canon, le revête-

ment ne paraissant pas encore prêt à se détacher et la Commission pensant qu'il y aurait quelques risques à courir si l'on montait les tranchées verticales pendant l'obscurité de la nuit, le tir fut suspendu.

Chute du revêtement.

Il fut repris à 7 heures 35 minutes du matin au milieu d'un brouillard très épais qui empêchait la fumée de se dissiper et gênait le pointage. On tira d'abord trois salves en dirigeant les pièces extrêmes sur les tranchées verticales et les pièces du milieu sur quelques saillies de la tranchée horizontale. On dirigea de nouveau toutes les pièces dans les tranchées verticales, et à la troisième salve ainsi tirée, un morceau considérable du parement est tombé vers la gauche; quelques secondes après la neuvième (soixante-quatorzième depuis le commencement du tir en brèche), le revêtement s'est renversé dans le fossé la partie supérieure en avant, laissant à découvert cinq contre-forts, dont deux contigus aux extrémités de la brèche. Il restait une cheminée d'aérage dans le contre-fort de droite. Des cheminées semblables existaient dans les quatre autres contre-forts, mais elles avaient été entraînées par la chute du revêtement.

Récapitulation sommaire.

Il avait fallu pour obtenir ce résultat 296 coups

de canon et 4 heures 42 minutes : 236 coups et 3 heures 52 minutes pour la tranchée horizontale, 60 coups et 50 minutes pour les tranchées verticales. La brèche ayant 19m90 dans sa partie la plus étroite, c'est par mètre courant environ 15 boulets et par mètre cube de maçonnerie détruite 6 dixièmes de boulet.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les terres du parapet.

Pour détruire les contre-forts et autres constructions restées debout, il a été employé 48 boulets et 43 minutes. 44 boulets et 48 minutes ont ensuite suffi pour faire ébouler les terres du parapet, qui ont paru ici plus légères que dans les brèches précédemment faites.

Etat de la brèche terminée.

La brèche était bien praticable et son talus général était de 35 degrés.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale avait été ouverte sur une longueur de 21m70 par 236 boulets en 3 heures 52 minutes;

Les tranchées verticales avaient demandé 60 boulets et 50 minutes;

Le revêtement était ainsi tombé après 296 coups et 4 heures 42 minutes.

On a tiré sur les maçonneries restées debout 48 coups en 43 minutes.

Pour achever la brèche on a tiré dans les terres 44 coups en 48 minutes.

Ce qui fait, au total, 6 heures 15 minutes et 388 coups de canon de 16, tirés à la charge du tiers, représentant 3,104 kilogrammes de fonte et 1,035 kilogrammes de poudre.

La brèche ayant 19^{m}90 de largeur au parement, c'est par mètre courant 156 kilogrammes de fonte et 52 kilogrammes de poudre.

BATTERIE N° 12.

Brèche faite avec 3 canons de 16 tirant à la charge du tiers.

Tir dans un flanc casematé. (Pl. 7, fig. 1 à 8.)

36. La batterie n° 12, destinée à constater les effets des projectiles sur un revêtement adossé à des constructions voûtées, était placée dans le fossé de la courtine 3-4 et dirigée sur le flanc gauche du bastion 3. Ce flanc, très étroit et couvert par un orillon, n'avait que 7^{m}50 de largeur et renfermait une casemate double, entièrement revêtue, dont les embrasures, demi-circulaires et de 0^{m}60 de rayon, avaient leur fond à 4^{m}20 au-dessus du fossé. Ces embrasures avaient été débouchées, ainsi qu'une troisième qui simulait une casemate supérieure au-dessus de l'embrasure la plus rapprochée de la courtine. Le pied droit qui séparait les embrasures

inférieures avait 3^m50 de largeur au bas et son milieu était à 3^m50 de l'angle formé par la rencontre du flanc avec la courtine. A l'intérieur, le pied droit qui séparait les casemates avait 1^m80 d'épaisseur, et le revêtement à la hauteur des embrasures avait 3^m45.

Conditions du tir en brèche.

L'escarpe avait 11^m50 de hauteur totale, et la partie à battre était à une distance moyenne de 71 mètres de la batterie. Celle-ci, à cause du peu de largeur du fossé, n'était armée que de trois pièces. Les pièces extrêmes devaient croiser leurs feux pour mieux voir les extrémités de la brèche. Il résultait de ces dispositions que l'inclinaison du tir dans le plan vertical était au minimum de 4° au-dessus de l'horizon, et que l'angle d'incidence des projectiles dans le plan horizontal était, en moyenne, de 84°. La maçonnerie était en parfait état de conservation et le parapet suffisamment chargé de terre.

Marche du tir.

Le tir a d'abord été dirigé de manière à couper le pied droit à hauteur de la plongée des embrasures ; les pièces extrêmes croisaient leurs feux pour prendre ce pied droit d'écharpe et pour le faire souffler vers l'intérieur des embrasures. La pièce du milieu tirait en plein sur le pied droit.

Après 48 coups de canon, l'embrasure de la casemate la plus rapprochée de la courtine avait sa joue droite démolie. La clef de la voûte de l'embrasure avait été chassée à 2 mètres dans l'intérieur. Le mur de masque en avant, entre les deux embrasures, n'avait plus que 1 mètre d'épaisseur. Trois boulets avaient frappé le mur au fond de la casemate, et y avaient fait des excavations d'environ un dixième de mètre cube; dans l'autre casemate, l'embrasure avait moins souffert; le mur de masque était aussi coupé jusqu'à un mètre du parement intérieur, du côté du pied droit.

Formation des tranchées verticales.

Après 66 coups, le mur de masque se trouvant complétement coupé entre les deux casemates et cette ouverture étant considérée comme une tranchée horizontale, on a commencé deux tranchées verticales tangentiellement aux bords extérieurs des embrasures qui formaient les extrémités de la tranchée horizontale. Les deux pièces de gauche furent dirigées à cet effet sur la tranchée de droite, et celle de droite sur la tranchée de gauche. A la sixième salve ainsi tirée, une grande partie du parement est tombée; ces débris amoncelés dans un petit espace ayant obstrué la tranchée horizontale, l'on a dû tirer trois salves pour la dégager. L'on a ensuite continué de monter les tranchées verticales.

Après 120 coups de canon, la casemate gauche avait sa voûte crevée sur le devant, celle de droite était encombrée de débris dans un tiers de son étendue.

Le tir ayant été continué dans les tranchées verticales, de larges bandes du parement sont tombées à la quarante-cinquième et à la quarante-septième salve. A la cinquante-septième tout le devant du mur s'est trouvé détruit jusqu'au niveau de l'embrasure supérieure.

Chute du revêtement.

Après 201 coups de canon, les tranchées verticales étan touvertes jusqu'à la hauteur de cette embrasure, on a pointé les trois pièces sur le pied droit des voûtes, et au deuxième coup de la soixante-huitième salve le parement s'est écroulé jusqu'à 2 mètres du cordon, démasquant deux évents placés en arrière. Le pied de la brèche se trouva complétement obstrué par les débris, et l'on se décida à tirer sur ces débris afin de dégager, s'il était possible, le pied droit et de mieux voir les voûtes. 30 coups tirés de cette manière ne produisirent pas d'autre effet que de broyer les débris. On revint alors aux tranchées verticales. Après six salves dirigées, tant sur les tranchées verticales que sur les cheminées d'aérage, le reste du parement est tombé jusqu'à 1 mètre du cordon,

et après cinq nouvelles salves, c'est-à-dire après la quatre-vingt-neuvième depuis le commencement de l'expérience, tout ce qui restait du revêtement s'est écroulé, laissant à découvert quelques fragments de maçonnerie vers la gauche et des terres à pic.

Récapitulation sommaire.

Il avait fallu pour obtenir ce résultat 267 coups de canon et 4 heures 58 minutes, 75 coups et 1 heure 6 minutes pour la tranchée horizontale, 192 coups et 3 heures 52 minutes pour les tranchées verticales. La brèche ayant $6^{m}40$ dans sa partie la plus étroite, c'est par mètre courant près de 42 boulets, et par mètre cube de maçonnerie détruite environ un boulet et demi.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les terres du parapet.

Il a suffi de 9 coups de canon pour abattre les débris de maçonnerie et les cheminées démasquées. On a ensuite tiré par salves dans les terres pour les faire ébouler, et l'on a cessé le feu à la cent troisième salve, c'est-à-dire après 309 coups de canon.

Etat de la brèche terminée.

En ce moment, la brèche, dont le talus général était de 34 degrés et qui était bien recouverte de

terre, présentait au sommet un escarpement de 2 mètres de hauteur qui la rendait difficile à franchir. On ne voulut point, cependant, pousser plus loin le tir, parce qu'à la hauteur où il fallait pointer pour éviter toutes chances d'accidents, on eût dû consommer encore un grand nombre de boulets pour déterminer la chute d'un parapet soutenu de très près à droite et à gauche par les parapets de la courtine et de l'orillon.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale avait été ouverte sur une longueur de 6^m70 par 75 boulets en 1 heure 6 minutes;

Les tranchées verticales avaient demandé 192 boulets et 3 heures 52 minutes;

Le revêtement était ainsi tombé après 267 coups et 4 heures 58 minutes.

On a tiré sur les maçonneries restées debout 9 coups en 10 minutes.

Pour achever la brèche, on a tiré 33 boulets en 32 minutes.

Ce qui fait, au total, 5 heures 40 minutes et 309 coups de canon de 16, tirés à la charge du tiers, représentant 2,472 kilogrammes de fonte et 824 kilogrammes de poudre.

La brèche ayant $6^m,40$ de largeur au parement, c'est, par mètre courant, 386^k2 de fonte et 128^k7 de poudre.

BATTERIE N° 1 BIS.

Rétablissement d'une brèche déblayée par la mine.

4 canons de 24 tirant à la charge du tiers. (Pl. 7, fig. 9 à 16.)

37. Le programme des expériences à exécuter par le génie comprenait le déblaiement d'une brèche au moyen d'un fourneau de mine. La brèche faite par la batterie n° 1 avait été choisie pour cette opération. Les mineurs, profitant de la galerie d'escarpe du bastion 6, avaient percé le pied du mur au-dessous du niveau du fond du fossé, et avaient disposé un fourneau de 1,100 kilogrammes de poudre sous l'éboulement de la brèche.

L'artillerie devait profiter de cette expérience, d'abord pour observer les effets du déblaiement sur la batterie, et ensuite pour essayer de rétablir la brèche.

On avait, en conséquence, remis en batterie quatre pièces de 24. Tous les objets d'armement étaient à leur place. Seulement, l'exiguité des ressources en fascinage avait contraint à renoncer à revêtir de nouveau l'épaulement et les joues d'embrasures de la batterie. Celle-ci ne présentait donc plus que des merlons à demi-éboulés, qui, par conséquent, ne couvraient qu'imparfaitement l'intérieur de la batterie.

Etat de la batterie et de la brèche après le déblaiement.

L'effet du fourneau de mine fut celui d'une im-

mense fougasse. La brèche et le fossé furent complétement nettoyés. Il ne resta rien, ni fragments de maçonnerie, ni terres, de ce que le canon avait fait tomber. Ces débris, projetés avec plus ou moins de force, couvraient le sol, depuis le chemin couvert en avant de la batterie, jusqu'à 240 mètres en arrière. Cependant, les dégâts causés au matériel d'armement de la batterie se réduisaient à peu de chose. La hampe d'un refouloir et un mètre curseur posés sur les chevalets étaient brisés. La pièce de gauche, atteinte par un bloc de maçonnerie sur la tête d'un flasque, avait reculé obliquement à droite, jusque dans le petit fossé situé au bas des plateformes, où la crosse s'était enfoncée de $0^m,50$ dans la terre. Dans cette position, l'essieu était à $5^m,50$ de la genouillère. Du reste, il n'y avait rien de cassé dans l'affût. Le sol de la batterie et le fond des embrasures étaient recouverts d'une épaisseur variable de 0^m, 20 à $0^m,60$ de débris de la brèche. Ainsi tous les hommes placés dans la batterie et dans la tranchée eussent été atteints. Huit canonniers par pièce, armés de pioches et de pelles, furent immédiatement occupés à rétablir la batterie.

Les deux pièces de droite furent prêtes à faire feu, au bout de 23 minutes; la troisième, au bout de 40 minutes; la quatrième ne put être remise en batterie qu'au bout de 1 heure 55 minutes. Il convient d'ajouter qu'à la guerre il eût fallu attendre la nuit pour faire cette opération.

Quant à la brèche, elle n'existait plus et était remplacée par une nouvelle escarpe, composée, dans sa partie inférieure, de la portion du revêtement située au-dessous de la tranchée horizontale, et qui avait 3^m65 de hauteur, et au-dessus, d'un talus en terre incliné au dixième, au milieu duquel on apercevait des restes de contre-forts dont on n'avait détruit que le sommet dans la première brèche.

L'ébranlement produit par l'explosion du fourneau dans les terres du parapet avait fait couler, vers le milieu de la brèche, une partie de ces terres, et elles formaient un éboulement qui s'élevait jusqu'à la hauteur de l'ancienne tranchée horizontale.

Le feu des quatre pièces de 24, chargées au tiers du poids du boulet, fut d'abord dirigé sur les contre-forts à la hauteur du sommet de l'éboulement, et 28 coups de canon suffirent pour les faire disparaître et pour déterminer la chute d'une grande quantité de terre. On tira ensuite par salves dans le massif du parapet, en s'élevant progressivement à mesure que l'éboulement gagnait en hauteur, et 44 coups de canon ainsi tirés achevèrent de rendre la brèche praticable.

Etat de la brèche terminée.

Elle présentait, à la vérité, à son sommet, un ressaut de 4 mètres de hauteur; mais les terres

qui formaient ce ressaut étaient presque partout en surplomb et eussent cédé au moindre ébranlement, si l'on eût osé continuer de tirer à cette hauteur. Le talus de l'éboulement était, d'ailleurs, très doux ; il n'était que de 32 degrés.

Résumé.

Ainsi, en résumé, il avait fallu, pour remettre deux pièces de la batterie en état de tirer, 23 minutes, 40 pour trois pièces et 1 heure 55 minutes pour les quatre ; mais cette opération n'eût pas pu se faire avant la nuit, à la guerre.

La destruction des parties apparentes des contreforts avait demandé 28 boulets et 22 minutes ;

On avait tiré dans les terres 44 coups en 34 minutes.

Ce qui fait, au total, pour l'exécution de la nouvelle brèche, 56 minutes et 72 coups de canon de 24 tirés à la charge du tiers, et représentant 864 kilogrammes de fonte et 288 kilogrammes de poudre.

La brèche ayant 19 mètres de largeur au parement, c'est, par mètre courant, 45^k50 de fonte et 15^k20 de poudre.

BATTERIE N° 13.

Destruction d'un flanc casematé avec 4 canons de 24 tirant à la charge du tiers. (Pl. 8, fig. 1 à 8.)

Conditions du tir.

38. La batterie n° 13 était destinée, comme la batterie n° 12, à constater les effets des projectiles sur un revêtement adossé à des voûtes; mais cette fois le but spécial qu'on se proposait n'était point de faire une brèche, mais seulement de rechercher la marche à suivre pour mettre des casemates hors de service. La batterie n° 13 était placée sur le sommet du chemin couvert du bastion 2, et dans la position d'une contre-batterie, pour faire feu sur le flanc droit du bastion 3. Ce flanc présentait symétriquement la même disposition que le flanc gauche du même bastion, c'est-à-dire qu'il renfermait une casemate double, et qu'il était couvert par un orillon. La batterie était armée de quatre canons de 24, et il y avait une distance moyenne de 301 mètres de la genouillère des embrasures jusqu'au flanc à battre. Il résultait de cette disposition que l'angle de tir, dans le plan vertical, était de 2°,15, et l'angle moyen d'incidence des projectiles sur l'escarpe, mesuré dans le plan horizontal, était de 78 degrés. Enfin, par suite de la relation qui existait entre les diverses parties de la fortification du front 2-3, et notamment entre l'orillon du bastion 3 et le saillant du bastion 2, on ne découvrait

de la batterie, même en croisant les feux des pièces et après avoir fait sauter à la mine le saillant du bastion 2, que la portion du flanc compris entre la courtine et une ligne verticale passant par le milieu de l'embrasure de la casemate la plus éloignée de la courtine. D'un autre côté, l'ouverture des embrasures des casemates était tellement dirigée que c'est à peine si de la casemate la plus rapprochée de la courtine on découvrait quelques points du centre de la batterie. Ainsi, l'on se trouvait placé dans cette condition de pouvoir battre facilement, avec trois pièces au moins, deux embrasures de casemates dont une seule pouvait répondre par un tir d'un effet très incertain.

Marche du tir.

Cette disposition conduisit à croiser le feu des pièces, afin de tirer de chacune de celles-ci le meilleur parti possible. On pointa donc la pièce de droite sur la joue droite de l'embrasure la plus rapprochée de la courtine, et il fallut pour cela écorner l'orillon; la deuxième pièce fut dirigée sur la joue gauche de la même embrasure; la troisième dut tirer en plein sur le pied droit qui séparait les deux embrasures; enfin la quatrième fut pointée sur la joue droite de la seconde embrasure. Malgré la distance qui séparait la batterie des points à battre, ce tir fut exécuté avec une

précision remarquable. Dans les quatre premières salves, tous les coups furent à hauteur ; quatre boulets pénétrèrent de plein fouet par les embrasures, trois dans la casemate la plus rapprochée de la courtine et un dans l'autre casemate; deux boulets avaient touché légèrement l'orillon, aucun n'avait manqué le flanc. Disons de suite que sur 228 coups de canon qui furent tirés dans cette expérience, un seul n'atteignit pas le flanc. Il toucha la courtine à 25 centimètres de l'angle de flanc et s'y enfonça. Plusieurs rencontrèrent l'orillon; mais ils avaient été pointés dans l'intention de le rencontrer afin de démasquer l'embrasure qu'il cachait à moitié.

Etat des embrasures après 16 coups.

Après seize coups, l'embrasure de droite était détruite jusqu'aux deux cinquièmes de sa profondeur. Le cintre extérieur avait disparu et était remplacé par une ouverture irrégulière dont les dimensions variaient entre 3^m60 et 3^m00. L'embrasure de gauche avait reçu deux boulets dans la partie supérieure de sa joue droite.

Etat des embrasures et des casemates après 32 coups.

Après 32 coups, l'embrasure de droite est démolie jusqu'à la moitié de sa profondeur. L'ouverture extérieure qu'elle présente a 4^m60 sur 3^m80.

La casemate a été traversée et ricochée en tout sens par cinq nouveaux boulets. Un panneau en planches, placé en arrière de l'embrasure, est complétement rasé. Les débris de maçonnerie encombrent l'emplacement de la pièce. On peut considérer cette casemate comme hors de service. Dans celle de gauche, le cintre extérieur de l'embrasure est détruit; les voussoirs de la joue droite et la clef sont enfoncés; il ne reste que les deux voussoirs de la joue gauche que l'orillon empêche de voir. Trois boulets ont traversé la casemate et détruit une partie du panneau qu'on y avait placé.

Etat des casemates après 72 coups.

Jusqu'alors les boulets n'avaient point traversé le mur de masque du flanc. Après 72 coups, le pied droit qui séparait les deux embrasures était percé du côté de la casemate droite, et le revêtement présentait une brèche continue entre la courtine et la partie visible de l'embrasure de la casemate gauche. Cette brèche avait 3^m00 de profondeur. Les débris accumulés en dehors et en dedans des casemates encombraient les restes des embrasures et ne laissaient plus pénétrer le jour dans les casemates que par deux petits segments. L'intérieur de celles-ci est bouleversé. Des boulets, prenant d'écharpe le montant de l'entrée de la communication circulaire qui conduit aux casemates du flanc

gauche, ont détruit ce montant et ont parcouru cette communication en ricochant.

Etat des casemates après 92 coups.

La casemate droite est ouverte jusqu'au niveau de sa voûte. L'entrée de la communication est démolie. Un boulet a enfilé la communication et est allé s'amortir sur l'éboulement de la casemate gauche du flanc gauche qui avait été battu en brèche par la batterie n° 12. Dans la casemate gauche du flanc droit, le revêtement de l'escarpe est percé et les débris commencent à s'y accumuler.

Etat des casemates après 152 coups.

Toute la voûte de la casemate droite est à découvert. Il en est de même, dans la casemate gauche, pour toute la partie visible par la batterie. Le pied droit qui sépare les deux casemates est détruit sur une longueur de 1^m80. Le revêtement est coupé jusqu'à 0^m50 au-dessus des clefs des voûtes.

Etat des casemates après 188 coups.

Le pied droit du côté de la casemate droite est coupé en biseau sur une longueur de 4^m25, et du côté de la casemate gauche sur une longueur de 2^m60. Le revêtement est ruiné jusqu'à deux mètres au-dessus des voûtes.

Etat des casemates après 228 coups.

Le pied droit du côté de la casemate droite est coupé en biseau sur une longueur de 7m50, et du côté de la casemate gauche sur une longueur de 3m80. Il se trouve ainsi coupé sur les trois cinquièmes de sa section. La partie antérieure des voûtes est entamée sur une épaisseur moyenne de 0m50. Les débris amoncelés dans les casemates couvrent environ le tiers de leur superficie.

Dans ce moment, les casemates paraissant non-seulement hors de service, mais dans un état impossible à réparer promptement, le feu fut arrêté et l'expérience terminée.

Résumé.

En résumé, il avait fallu 32 coups de canon de 24 tirés à la charge du tiers pour mettre ces casemates hors d'état de répondre à la batterie, et 228 coups les avaient ruinées suffisamment pour qu'elles n'eussent pu être réparées pendant la durée du siége.

On évalue à 120 mètres cubes la totalité de la maçonnerie détruite. C'est donc par mètre cube, à peu près 1 boulet 9 dixièmes, ou 22k80 de fonte et 7k60 de poudre.

BATTERIE N° 14.

Brèche faite avec 4 canons de 24 tirant à la charge du tiers.
Tranchée horizontale à la moitié de la hauteur de l'escarpe.
(Pl. 8, fig. 9 à 16.)

39. La batterie n° 14, destinée à constater la possibilité de faire une brèche praticable en ouvrant la tranchée horizontale à la moitié de la hauteur de l'escarpe, était placée sur la crête du chemin couvert de la face gauche du bastion 1 pour faire brèche dans cette face. Cette batterie était armée de quatre canons de 24 qui avaient déjà servi au tir des batteries n°s 1, 8 et 1 bis, et ces canons devaient tirer à la charge du tiers du poids du boulet.

Conditions du tir en brèche.

L'escarpe à battre avait 12^m50 de hauteur totale, son talus était incliné au sixième, et sa distance moyenne à la genouillère de la batterie était de 43 mètres. La position de la tranchée horizontale avait été fixée à 6^m25 au-dessus du fond du fossé, et de manière que son milieu fût à 26 mètres du saillant du bastion. Par suite de ces dispositions, l'inclinaison du tir se trouvait être de 6°30 dans le plan vertical, et l'angle moyen d'incidence des projectiles, dans le plan horizontal, était de 90 degrés. Le parapet avait été remis en état. Il fut reconnu, après l'exécution de la brèche, que l'é-

paisseur du revêtement, au niveau de la tranchée horizontale, était de 2m72.

Marche du tir.

On a suivi, pour la formation de la tranchée horizontale, la même marche que dans les brèches directes précédentes. La profondeur moyenne des excavations produites par les quatre premiers boulets, les seules que l'on ait mesurées, était de 1m10. Dès la huitième salve, le parement en briques, qui était soufflé, a commencé à se détacher. A la dixième salve, il était complétement tombé. Cette circonstance était défavorable, puisque le poids de la partie du revêtement à renverser était diminué.

Relèvement de la tranchée horizontale.

Après cent coups tirés, on a mesuré les profondeurs de la tranchée horizontale. Cette tranchée se trouvait alors ouverte sur une longueur de 20m80, et sa profondeur moyenne était de 1m70. La surface de sa section était donc de 35 mètres carrés. Le revêtement avait été traversé sur un point.

Chute du revêtement.

On a tiré cinq nouvelles salves dans la tranchée

horizontale, et après la 30e salve on a commencé les tranchées verticales. Celles-ci durent être montées jusqu'au cordon, et il fallut revenir à la tranchée horizontale pour tâcher de saper les contreforts qui paraissaient retenir le revêtement. Enfin, à partir de la 50e salve, on fit feu des quatre pièces à la fois pour déterminer l'ébranlement du revêtement. Après la 55e salve, une fissure fut remarquée dans les terres du parapet. Cette fissure s'agrandit lentement, la terre commença à couler par les tranchées verticales; enfin, après trois minutes, l'escarpe tomba par rabattement, la partie supérieure en avant, et se brisa dans sa chute en deux morceaux principaux.

Le morceau de gauche avait 9m50 de longueur et 3m50 de hauteur sur une épaisseur de plus de 2 mètres. Ce morceau, qui était construit en moellons piqués, avec assises alternatives de 10 briques, avait emporté avec lui une cheminée arrachée au 2e contre-fort.

Le morceau de droite, construit en moellons ordinaires de craie, avait la même hauteur et la même épaisseur que le précédent, sur 5m75 de longueur.

La chute du revêtement laissait à découvert quatre contre-forts montant jusqu'au niveau du cordon. Celui de droite contenait une cheminée d'aérage. Celui de gauche avait retenu une partie de la face postérieure du mur. Le 2e de ce côté,

qui renfermait aussi une cheminée, avait été en partie entraîné par le revêtement. La terre était partout à pic.

Récapitulation sommaire.

Pour obtenir ce résultat, il avait fallu 220 boulets et 4 heures 4 minutes. La brèche ayant 20^m80 de largeur dans sa partie la plus étroite, c'était donc 10 1/2 boulets par mètre courant de brèche, et par mètre cube de maçonnerie détruite, environ 7/10 boulet.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les terres du parapet.

Pour renverser les parties du revêtement restées debout et saper les contre-forts, on a employé 93 boulets et 1 heure 33 minutes. Il a fallu 1 heure 40 minutes et 95 boulets tirés dans les terres pour rendre la brèche praticable.

Etat de la brèche terminée.

Celle-ci était bien praticable, son talus général était de 33 degrés. Les gros blocs du revêtement étaient recouverts de terre, excepté vers la droite.

Résumé.

En résumé la tranchée horizontale avait été

par les 16 premiers boulets, avaient, en moyenne, 0^{m}88 de profondeur, et celles formées par les 16 suivants 0^{m}97, profondeurs qui répondent sensiblement à celles trouvées dans le tir de la batterie n° 5 contre la contre-garde.

Après 120 coups tirés, on a mesuré de mètre en mètre les profondeurs de la tranchée horizontale, qui était ouverte sur une longueur de 20^{m}50. La profondeur moyenne était de 1^{m}26.

Après 220 coups, cette profondeur était de 2^{m}03. Le revêtemént n'avait encore été percé sur aucun point, mais 4 coups étaient arrivés à 2^{m}80.

Formation des tranchées verticales.

Après 300 coups, la profondeur moyenne de la tranchée horizontale était de 2^{m}52 et le revêtement était traversé sur quatre points. La section était alors de 51^{m}66 de superficie, c'est-à-dire plus des cinq sixièmes de la totalité de la section du revêtement. Elle fut jugée suffisante et l'on commença les tranchées verticales, en les montant lentement et en s'attachant à ne pas quitter un point sans l'avoir creusé à profondeur de la tranchée horizontale. On eut soin aussi de bien dégager les angles formés par la rencontre des tranchées verticales avec la tranchée horizontale. A cet effet, pendant dix salves, on pointa encore les 2 pièces du milieu vers les extrémités de la tranchée horizontale.

A partir de la quatre-vingt-cinquième salve toutes les pièces furent dirigées dans les tranchées verticales et à la cent dix-huitième, après quelques secondes, le revêtement s'est renversé tout d'une pièce dans le fossé, en démasquant cinq contre-forts, dont deux se trouvaient précisément dans les tranchées verticales. Le revêtement en tombant se posa sur les débris de maçonnerie des tranchées, présentant ainsi un talus convenable pour la perfection de la brèche, et se fendit en trois morceaux principaux. La brèche était nette, il ne restait aucune partie du revêtement en place. Les terres, bien soutenues par les contre-forts, étaient complétement à pic.

Le renversement de l'escarpe avait exigé 472 boulets et 5 heures 16 minutes; 320 boulets et 3 heures 36 minutes pour la tranchée horizontale, 152 boulets et 1 heure 40 minutes pour les tranchées verticales. La brèche ayant 20 mètres de largeur dans sa partie la plus étroite, c'est par mètre courant 23 boulets six dixièmes et environ 16 minutes, et par mètre cube de maçonnerie détruite environ onze dixièmes de boulets et 45 secondes.

Tir dans les contre-forts et dans les terres du parapet.

Pour saper les contre-forts et obtenir leur renversement dans le fossé, on a employé 104 coups

et 45 minutes. Enfin, pour rendre la brèche praticable, on a tiré par salves dans les terres 31 coups en 13 minutes.

Etat de la brèche terminée.

Cette brèche était fort belle. Son talus général était de 32 degrés, et les terres recouvraient bien les maçonneries.

Résumé.

En résumé, la tranchée horizontale avait été ouverte sur une longueur de 20^{m}50 par 320 boulets en 2 heures 36 minutes.

Les tranchées verticales avaient demandé 152 boulets et 1 heure 40 minutes.

Le revêtement était ainsi tombé après 472 coups et 5 heures 16 minutes.

On a tiré sur les contre-forts 104 coups en 45 minutes.

Pour rendre la brèche praticable, on a tiré dans les terres 31 coups en 13 minutes.

Ce qui fait, au total, 6 heures 14 minutes et 607 coups de canon de 12 tirés à la charge de 1^{k}958, représentant 3,642 kilogrammes de fonte et 1,189 kilogrammes de poudre.

La brèche ayant 20 mètres de largeur au parement, c'est par mètre courant 182^{k}10 de fonte et 59^{k}40 de poudre.

Résumé général et conséquences des expériences.

41. Les expériences exécutées à Bapaume par l'artillerie sont ainsi au nombre de quinze.

Neuf ont eu pour objet de faire brèche en tir direct ordinaire, c'est-à-dire, sous des angles d'incidence compris entre 76 et 90 degrés, dans des escarpes de différentes dimensions et construites en bonnes maçonneries moyennes, avec des batteries de 24, de 16 et de 12; sur ce nombre de batteries, il y en avait une de 24 et une de 16 tirant à la charge de la moitié du poids des boulets; toutes les autres ont tiré à la charge du tiers. Une des batteries de 16 tirant à la charge du tiers a exécuté en partie son feu pendant la nuit.

Trois batteries, dont deux de 16 et une de 24, ont été consacrées à l'étude du tir oblique, les deux premières tirant sous un angle d'incidence de 25 degrés et la dernière sous un angle plus petit. L'une des batteries de 16 a tiré à la charge du tiers, les deux autres ont employé la charge de la moitié des poids des boulets.

Une batterie de 16 tirant au tiers a été employée à faire brèche dans un flanc couvert par un orillon et casematé, et dont le revêtement présentait par conséquent de l'analogie avec ceux soutenus par des voûtes en décharge.

Une autre batterie armée de pièces de 24 et tirant

aussi à la charge du tiers, a été consacrée à constater la résistance que peut opposer un flanc casematé à l'action destructive d'une contre-batterie.

Enfin la dernière expérience a eu pour but de rétablir une brèche déblayée par l'explosion d'un fourneau de mine.

Batteries directes.

42. Les batteries directes ordinaires placées sur la crête des chemins couverts ou dans les chemins couverts eux-mêmes, à des distances des escarpes à battre comprises entre 32 et 53 mètres, ont fourni l'occasion de vérifier l'efficacité des principes du tir en brèche posés par la Commission de Metz et de compléter les notions que l'on possédait sur ce genre d'opération.

Position de la tranchée horizontale.

43. Il a été constaté que le tiers de la hauteur totale de l'escarpe à partir du fond du fossé est une hauteur très convenable pour y ouvrir la tranchée horizontale; qu'en adoptant cette hauteur on n'a point à craindre d'être gêné par les débris qui s'amoncellent au pied de l'escarpe; il a été démontré, en outre, par l'expérience de la batterie n° 14, que lorsque les circonstances y contraignent, on peut encore, avec confiance, ouvrir cette tranchée à la moitié de la

hauteur de l'escarpe. A cette hauteur, même avec un parapet d'une médiocre épaisseur, il y a encore assez de matériaux pour faire une rampe continue et praticable.

Espacement des premiers boulets.

44. L'espacement des premiers boulets, à raison de $1^{m}25$ d'axe en axe pour ceux de 24 et de 1 mètre d'axe en axe pour ceux de 16, afin de laisser produire à chacun d'eux le plus grand effet possible dans les maçonneries, a donné de bons résultats. Dans des maçonneries comme celles de Bapaume qui sont d'une consistance assez faible et qui, par conséquent, se désagrègent peu, on pourrait à la rigueur resserrer cet espacement ; mais il n'y a évidemment aucun intérêt à le faire.

Mesure des excavations produites par les premiers boulets.

45. Dans ce genre de maçonnerie, les boulets forment des excavations profondes, mais de faible diamètre, comparées à celles trouvées à Metz.

Les troncs de cône antérieurs ont, en général, une hauteur égale à leur grand diamètre ou diamètre extérieur, et ce diamètre est à peu près trois fois et demi celui du projectile au lieu de cinq fois, comme on l'avait trouvé dans les expériences faites à Metz.

Le petit diamètre de ce tronc de cône, ainsi que

celui du tronc de cône postérieur est égal au diamètre du boulet ou très peu supérieur.

La profondeur totale de la pénétration des boulets varie avec le calibre et avec la charge de poudre. Si l'on fait abstraction des pénétrations obtenues avec la batterie n° 10, qui tirait sur la demi-lune 15 dont le parement en briques était presque complétement tombé, et qui sont relativement très grandes, on voit que ces pénétrations ont été pour les premiers boulets, c'est-à-dire pour ceux espacés comme il a été dit ci-dessus :

Boulet de	24 au 1/2,	24 au 1/3,	16 au 1/2,	16 au 1/3,	12 au 1/3.
En mètres,	1m21,	1m14	1m08	0m93	0m89
En calibres,	8.1	7.6	8.3	7.1	7.4

et pour les boulets de la deuxième série, c'est-à-dire, tirés dans des maçonneries déjà ébranlées :

En mètres,	1m52	1m34	1m21	1m04	0m99
En calibres,	10.2	9.0	9.3	8.0	8.3

Les différences entre les pénétrations correspondantes des deux séries décroissent régulièrement et sont :

0m31 0m20 0m13 0m11 0m10

ce qui montre que la désagrégation produite latéralement dans la maçonnerie autour des excavations croît avec les calibres et les charges. Pour le

calibre de 24 et la charge de la moitié, l'augmentation de la profondeur, de la première à la deuxième série, est de plus d'un quart; pour le calibre de 12 et la charge du tiers, cette augmentation n'est que d'un neuvième.

Enfin, si l'on prend les moyennes des profondeurs des excavations produites par les boulets des deux séries, on trouve que ces profondeurs sont sensiblement comme les nombres suivants :

Boulet de	24 au 1/2,	24 au 1/3,	16 au 1/2,	16 au 1/3,	12 au 1/3.
En mètres,	1m40	1m25	1m15	1m00	0m95
En calibres,	9.5	8.5	8.9	7.8	8

On voit d'après cela que, proportions gardées, les pénétrations sont plus considérables pour les petits calibres que pour les gros, et que pour les boulets de 24 et de 16, il y a eu la différence d'un diamètre entre les pénétrations fournies par la charge de la moitié et par celle du tiers.

Quant aux sections méridiennes des excavations produites par les premiers boulets, sections que l'on est obligé de comparer ici, à défaut des volumes eux-mêmes qu'il eût été difficile de mesurer, pour avoir une appréciation des effets produits dans la maçonnerie par les projectiles, on a pour les divers calibres et les différentes charges

24 au 1/2,	24 au 1/3,	16 au 1/2,	16 au 1/3,	12 au 1/3.
0m32	0m29	0m22	0m20	0m17

Ces sections sont donc plus considérables que celles trouvées dans les maçonneries de Metz, qui n'étaient en moyenne que d'un sixième de mètre carré, $0^{mc}17$, pour le boulet de 16 tiré à la charge de la moitié et d'un cinquième de mètre carré, $0^{mc}20$, pour le 24 tiré aussi à la charge de la moitié. On voit même, d'après ces chiffres, qu'un boulet de 16, tiré à la charge du tiers, produit dans la maçonnerie de Bapaume une excavation dont la section est égale à celle de l'excavation produite par un boulet de 24 tiré à la charge de la moitié dans la maçonnerie de Metz, et qu'un boulet de 12, tiré à la charge de campagne, produit à Bapaume une section égale à celle d'un boulet de 16 tiré à la charge de la moitié à Metz.

Les nombres trouvés à Bapaume montrent, d'ailleurs, que dans des maçonneries du genre de celles de cette place, les sections des excavations sont sensiblement proportionnelles aux poids des boulets, mais avec un léger avantage en faveur des petits calibres.

Tranchées horizontales.

46. La mesure des excavations eût permis de déterminer le nombre de boulets nécessaires à la formation des tranchées horizontales, si l'on eût connu l'épaisseur de la muraille au niveau de ces tranchées. Mais cette condition n'ayant pu être

remplie dans la plupart des cas et les revêtements ayant présenté, sur quelques points, une épaisseur plus considérable que celle à laquelle on s'attendait, la formation de ces tranchées a été quelquefois entravée par l'incertitude où l'on se trouvait sur leur degré d'avancement. La terre des parapets étant, d'ailleurs, peu coulante, on n'était point prévenu par son apparition du moment où le revêtement était traversé.

Ce n'est donc que par appréciation arbitraire qu'on a pu régler la profondeur à donner aux tranchées horizontales, et on les a, en général, jugées suffisamment ouvertes quand leur profondeur moyenne était de 2 mètres. Toutefois, comme, pour plusieurs brèches, il a fallu revenir à ces tranchées pour amener la chute du revêtement, on peut évaluer la profondeur moyenne donnée aux tranchées horizontales à $2^{m}25$, ce qui, en réalité, correspondait aux deux tiers de l'épaisseur moyenne des escarpes battues, qui est de $3^{m}36$.

En adoptant ce chiffre de $2^{m}25$, on trouve que pour une batterie de 24 (n° 1) tirant à la charge de la moitié du poids du boulet, il a fallu pour ouvrir une tranchée de 19 mètres de longueur, et par conséquent de 42,75 mètres carrés de section, 112 boulets, c'est-à-dire, 5,9 boulets par mètre courant de tranchée, et 2,8 boulets par mètre carré de section, ce qui donne $0^{mc}36$ pour l'effet d'un boulet.

En faisant un calcul analogue pour les batteries nos 2 et 14 de 24 tirant à la charge du tiers, on trouve que pour ouvrir 41m80 de tranchée horizontale avec une section de 94,05 mètres carrés, il a fallu 296 boulets, c'est-à-dire, 7 boulets par mètre courant de tranchée et 3,1 boulets par mètre carré de section, ce qui donne 0mc32 pour l'effet d'un boulet.

La batterie n° 7 de 16 tirant à la charge de la moitié a employé 162 boulets pour faire une tranchée horizontale de 21 mètres de longueur et de 47mc25 de section. C'est donc 7,7 boulets par mètre courant de tranchée et 3,4 boulets par mètre carré de section, ce qui correspond à 0mc29 pour l'effet d'un boulet.

Les trois batteries de 16 tirant à la charge du tiers, nos 6, 10 et 11, ont consommé 512 boulets pour ouvrir 62m20 de tranchée horizontale avec une section de 139mc95. C'est 8,2 boulets par mètre courant de tranchée et 3,7 boulets par mètre carré de section, ce qui correspond à 0mc27 pour l'effet d'un boulet.

Les deux batteries nos 5 et 15 de 12 de campagne, tirant à cartouches ordinaires confectionnées, ont consommé ensemble 438 boulets pour ouvrir 46m10 de tranchée horizontale avec une section moyenne de 103mc72. C'est 9,5 boulets par mètre courant de tranchée et 4,2 boulets par mètre carré de section, ce qui correspond à 0mc24 pour l'effet d'un boulet.

Ces valeurs des effets produits dans la maçonnerie par les boulets de 24, de 16 et de 12 sont supérieures, comme on devait s'y attendre, à celles déduites de la mesure des excavations produites par les premiers boulets. Une maçonnerie déjà ébranlée et désorganisée par les premiers coups doit, en effet, opposer moins de résistance aux coups suivants. Mais ce qu'il y a de remarquable dans cette comparaison, c'est que l'avantage demeure aux petits calibres. L'augmentation entre l'effet d'un boulet de 24 mesuré au commencement du tir en brèche, et l'effet moyen du même boulet apprécié sur tous les coups tirés n'est que d'un huitième pour la charge de la moitié et d'un dixième pour celle du tiers. Cette augmentation est d'un tiers pour le calibre de 16 et de près de moitié en sus pour le calibre de 12.

En résumé, il résulte des expériences exécutées avec des canons de 24 à la charge de la moitié et du tiers, de 16 également à la charge de la moitié et du tiers, et de 12 à la charge de campagne ou de 1k958, que les effets de ces divers modes de tir peuvent être représentés par les nombres :

24 au 1/2,	24 au 1/3,	16 au 1/2,	16 au 1/3,	12 au 1/3.
9	8	7	6 1/2	6

nombres qui, sous le rapport des consommations et pour des maçonneries du genre de celles de Bapaume, indiquent qu'on peut attendre de bons

effets des petits calibres et qu'on doit préférer la charge du tiers à celle de la moitié.

Sous le rapport du temps employé, il résulte de l'estimation faite sur la durée de la formation des tranchées horizontales, qu'il a fallu 4'12" par coup de canon et par pièce de 24, 3'44" par coup de canon et par pièce de 16, et 3'12" par coup de canon et par pièce de 12. Si l'on multiplie ces temps par les nombres de boulets nécessaires pour ouvrir un mètre courant de tranchée, on trouve par mètre courant de tranchée à exécuter par chaque pièce de la batterie :

Pour le	24 au 1/2,	24 au 1/3,	16 au 1/2,	16 au 1/3,	12 au 1/3.
	24'48"	29'12"	28'48"	30'36"	27'16".

Ces nombres ne sont pas dans le rapport inverse des calibres, ainsi qu'on l'avait trouvé à Metz. Pour les pièces de siége, l'avantage est bien au 24 sur le 16 et à la charge de la moitié sur celle du tiers; mais cet avantage n'est que d'un septième en faveur du 24, et du huitième au seizième en faveur de la charge de la moitié. Quant au boulet de 12, l'infériorité absolue de ses effets est compensée par la rapidité de la manœuvre des pièces de campagne.

Tranchées verticales.

47. Les faits observés dans la formation des

tranchées verticales ne sont point susceptibles d'être résumés comme on vient de le faire pour les tranchées horizontales. La chute du revêtement, que les tranchées verticales ont pour objet de provoquer, dépend en effet de plusieurs circonstances favorables ou défavorables, difficiles ou impossibles à apprécier et à l'égard desquelles la masse du boulet et la vitesse dont elle est animée ne semblent pas jouer toujours un rôle décisif.

Ces circonstances sont la profondeur donnée à la tranchée horizontale par rapport à l'épaisseur totale du revêtement; le poids du massif, revêtement et parapet, en surplomb qui tend à écraser ou à disjoindre les assises sur lesquelles il repose vers les extrémités de la brèche; la nature des matériaux employés dans la maçonnerie qui présentent une plus ou moins grande résistance à cet effort; la présence ou l'absence des contre-forts en arrière du revêtement et dans le cas où ces contreforts existent; leur plus ou moins de puissance à retenir le revêtement et leur position par rapport aux tranchées verticales; enfin la poussée exercée par les terres.

Dans les expériences faites à Bapaume, les tranchées horizontales ont été, en général, peu profondes, eu égard à l'épaisseur des revêtements; mais le poids des massifs découpés était considérable, et les matériaux dont était composée la maçonnerie offraient peu de résistance à l'écrase-

ment. La poussée des terres était nulle, mais les contre-forts retenaient faiblement le mur et se sont tous brisés net à leur racine. Aussi le nombre de coups tirés dans les tranchées verticales a-t-il été restreint, et sans relation exacte avec le poids des boulets et des charges de poudre. La méthode indiquée par Bousmard, de ne faire que deux tranchées verticales dessinant les extrémités de la brèche, a pleinement réussi à Bapaume, et l'expérience de la batterie n° 5, où l'on a fait une troisième tranchée sur le milieu de la brèche, semble indiquer que dans ce genre de maçonnerie il est non-seulement inutile, mais même désavantageux de faire plus de deux tranchées, parce qu'en dépassant ce nombre suffisant et nécessaire, on provoque la chute de fractions considérables du revêtement et par conséquent la diminution du poids du massif en surplomb.

En se contentant de deux tranchées verticales, il a rarement été nécessaire, pour amener la chute du revêtement, de les monter plus haut que le milieu de l'intervalle compris entre la tranchée horizontale et le cordon. Pour la batterie n° 2, armée de quatre canons de 24, tirant à la charge du tiers, il a même suffi de huit boulets dans chaque tranchée. Ce nombre de coups n'a pas dépassé 60 pour les deux tranchées, dans les autres batteries de 24 et de 16. Pour le calibre de 12, il est allé jusqu'à 111 et 152; mais il convient d'observer

que la batterie n° 5, qui a consommé 111 boulets dans les tranchées verticales, a fait trois de ces tranchées dont une dans un contre-fort, et que dans la batterie n° 15 qui a tiré 152 coups dans les deux tranchées, celles-ci étaient tombées en plein sur deux contre-forts, circonstance qui ne s'est présentée que dans cette batterie. Voici, du reste, mis en regard, pour chaque calibre et pour chaque charge, les nombres moyens de coups tirés dans les tranchées verticales :

24 au 1/2,	24 au 1/3,	16 au 1/2,	16 au 1/3,	12 au 1/3.
24	38	46	45	131.

La marche suivie pour la formation des tranchées verticales a, d'ailleurs, été celle recommandée par la Commission des principes du tir. Le premier boulet de chaque tranchée a été dirigé à 1m25 pour le calibre de 24, à 1 mètre pour les deux autres calibres au-dessus de la tranchée horizontale; le deuxième boulet sur le milieu de cet intervalle, et les suivants sur les parties saillantes. Ce n'est qu'après avoir suffisamment approfondi cette amorce de tranchée, qu'on a entamé le mur plus haut. L'on a continué la même marche jusqu'à la chute du revêtement.

Chute du revêtement.

48. L'observation des diverses circonstances qui

ont amené la chute des revêtements, permet d'apprécier aussi exactement que possible l'efficacité relative des différents calibres et des différentes charges de poudre dans le tir en brèche ordinaire.

Si l'on groupe les quatre batteries nos 1, 2, 6 et 7, qui ont fait brèche sur les faces du bastion 6, et qui se trouvaient par suite dans des conditions presque identiques, on trouve les résultats suivants :

Batteries.	Calibres.	Charges.	BOULETS employés.			Temps employé.	PAR MÈTRE COURANT de revêtement.			OBSERVATIONS.
			Tranchées horizontales.	Tranchées verticales.	Total.		Fonte.	Poudre.	Temps.	
							kil.	kil.		
1	24	1/2	112	24	136	3 h. 0'	85.89	42.95	9'24"	La brèche avait 19 mètres de largeur.
2	24	1/3	136	16	152	2 47'	95.50	31.83	8'42"	La brèche avait 19 m. 40 de largeur.
7	16	1/2	162	46	208	3 32'	83.20	41.60	10'36"	La brèche avait 20 mètres de largeur.
6	16	1/3	190	34	224	3 34'	90.10	30.03	10'54"	La brèche avait 19 m. 70 de largeur.

Il résulte incontestablement du rapprochement de ces chiffres que pour des maçonneries du genre de celles de Bapaume, et dans les circonstances habituelles du tir en brèche, l'efficacité du calibre de 16 est égale à celle du calibre de 24. Ici, comme à Metz, on trouve qu'il faut à peu près le même poids de fonte pour faire une brèche, quel que soit le calibre employé.

Comparaison des effets des charges de la moitié et du tiers.

49. Il en résulte encore que la charge du tiers est préférable à celle de la moitié ; car si les brèches faites au tiers ont exigé quelques boulets de plus que celles faites à la moitié, elles ont consommé notablement moins de poudre et fatigué moins les pièces et leurs affûts.

Enfin, sous le rapport du temps employé, l'avantage en faveur du gros calibre et de la grande charge n'est pas considérable.

Ces premiers résultats ont paru suffisamment décisifs à la Commission, pour trancher la question des charges de poudre égales à la moitié et au tiers du poids des projectiles et pour la déterminer à ne plus employer que la charge du tiers dans celles de ses expériences subséquentes où le tir devrait être à peu près direct.

La suite au prochain numéro.

ÉTUDES

DE

FORTIFICATION PERMANENTE

PAR

M. MAURICE DE SELLON,

Capitaine de l'état-major du génie de la Confédération suisse,
Chevalier de la Légion d'honneur et de l'ordre de François Ier (des D.-Siciles),
ancien élève de l'École Polytechnique.

Compte Rendu.

PREMIÈRE ÉTUDE.

PLAN ET DESCRIPTION

DE LA

CITADELLE FÉDÉRALE DE RASTADT.

In-8° de 68 pages, avec un atlas de 3 grandes planches. Paris, 1850, chez Corréard.

La place de Rastadt, placée sur la route de Strasbourg à Heidelberg, ferme aujourd'hui aux troupes françaises l'entrée de la basse Allemagne; à peu de distance de notre frontière et fortifiée récemment, elle nous intéresse à double titre. L'im-

portance de cette place est immense, au point de vue de la confédération germanique: c'est un obstacle que nos ennemis ont élevé à notre adresse sur le sol allemand; mais, pour créer cet obstacle, pour le rendre aussi formidable que possible, à quel système ont-ils eu recours, quel tracé de fortification ont-ils adopté? La question est assurément curieuse, et, pour employer une expression consacrée par le journalisme moderne, toute d'actualité. Que la guerre vienne, en effet, à éclater, que nous jetions nos armées sur le territoire de l'Allemagne, et, dès nos premiers pas, nous nous heurterons contre quelque nouvelle forteresse construite dans un autre système que les places françaises, car on sait que, depuis les premières années de ce siècle, il y a deux camps dans la science de la fortification: le camp français, qui conserve la forme bastionnée; le camp des nations étrangères, qui adopte les formes polygonale et tenaillée; le chef de l'école française est toujours le grand *Vauban*; le chef de l'école opposée est le marquis *de Montalembert*, officier-général français, mort à la fin du XVIII[e] siècle. Les étrangers ayant répudié la fortification bastionnée, qui se trouve encore la nôtre, il est urgent que nous connaissions leur manière de fortifier actuelle, afin de ne pas être trop neufs, trop empruntés, lorsque nous serons en face de leurs nouvelles places fortes. Quand je dis nous, j'entends, en premier lieu, tous les officiers du génie français,

et, en second lieu, un certain nombre d'officiers français des différentes armes; car il ne suffit pas qu'il y ait deux ou trois ingénieurs militaires dont la mission particulière soit d'étudier les forteresses étrangères; il ne suffit pas que l'on possède au ministère de la guerre des plans exacts de ces forteresses, il ne suffit pas que l'on sache vaguement, et quelquefois un peu dédaigneusement, que nos voisins se permettent de ne pas imiter nos méthodes de fortifier comme au temps de Vauban et de Cormontaingne. La guerre à laquelle nous devons penser, la guerre à laquelle il faut nous préparer sérieusement, c'est une grande guerre continentale, une guerre en Allemagne, une guerre dans le *Deutschland*, puisque des historiens français modernes ont consacré dans notre langue cette expression tudesque. Eh bien, une semblable guerre survenant, nos armées seront disséminées, et chaque corps d'armée, chaque division aura des officiers du génie attachés à son état-major. Que feront ces officiers, s'il leur faut, peu de jours après leur entrée en campagne, diriger des travaux d'attaque contre des fortifications si peu semblables aux nôtres, alors qu'ils seront isolés et livrés à leurs propres inspirations? Ils seront, certes, embarrassés, puis, à force de courage et de dévouement, ils répareront leur défaut de connaissances à cet égard; mais des erreurs pourront être commises, et en pareille matière elles sont presque tou-

jours irréparables, et se traduisent en pertes d'hommes, en sang inutilement répandu. Cette possibilité d'insuccès pour le corps dont j'ai l'honneur de faire partie, cette infériorité probable pour les officiers du génie français, si haut placés dans l'estime de l'Europe, m'a toujours, je l'avoue, douloureusement impressionné : je dis *infériorité*, parce que le talent de l'ingénieur militaire ne consiste pas seulement à bien construire, il consiste, surtout en temps de guerre, à prendre promptement et sûrement les places ennemies : or, je crois que nous connaissons moins bien les places étrangères, en France, que les étrangers ne connaissent les places françaises, et cette connaissance préalable est un puissant auxiliaire pour en faire ultérieurement le siége. Cette connaissance serait, du reste, facile à acquérir ; mais auparavant il faudrait s'initier aux théories, aux tracés types des fortificateurs modernes de l'Allemagne. Tout écrit, tout ouvrage ayant pour but de populariser en France ces théories et ces tracés peut contribuer à faire atteindre ce but, et comme tel, me semble utile. Voilà pourquoi, depuis plusieurs années, je prête ma faible voix pour venir en aide à un officier du génie distingué, intelligence d'élite, travailleur infatigable, qui a pris à tâche de faire connaître aux lecteurs français la fortification allemande telle qu'elle existe chez nos voisins depuis les traités de 1815 : je le fais avec plaisir, car j'ai pour principe que chacun

doit contribuer, pour sa part et dans la limite de ses forces, à prôner ce qu'il trouve juste, utile, digne d'encouragements : je le fais avec conviction, car je suis persuadé que les ouvrages de M. *Maurice de Sellon* ont une valeur réelle, et qu'en cas de guerre le corps du génie français serait fort heureux de les trouver. Remarquez, d'ailleurs, qu'il n'y a ici aucun intérêt de camaraderie, et qu'en louant l'officier de mérite dont je viens de citer le nom, je loue, non pas un camarade de promotion, non pas un camarade de corps, mais bien un officier étranger, que je connais uniquement pour avoir eu l'honneur de le voir deux ou trois fois. Voilà aussi pourquoi j'ai moi-même suivi la route si bien jalonnée par le capitaine *Maurice de Sellon*, pourquoi j'ai publié en 1849 la traduction de deux ouvrages prussiens relatifs à l'art de fortifier.

1° L'*Histoire de la fortification permanente* de M. A. de ZASTROW ;

2° L'*Esquisse historique de l'art de la fortification permanente*, de M. le major LOUIS BLESSON ;

pourquoi, enfin, j'ai fait connaître en France les systèmes de fortification de M. le colonel prussien *Wittich*, de M. le colonel espagnol *Herrera Garcia*, de M. le major néerlandais *Engelberts*.

Notez, au surplus, qu'en recommandant l'étude des places fortes étrangères, qu'en publiant, depuis

le mois de janvier 1847, des travaux y relatifs, je ne préjuge rien sur l'excellence de tel ou tel tracé de fortification ; j'admets uniquement, comme un *fait accompli*, que les Allemands ont aujourd'hui des forteresses construites sur un modèle, d'après un tracé, différent du tracé bastionné, et, partant de ce fait, je dis qu'il est indispensable pour les officiers du génie français de s'initier à la connaissance des nouveaux tracés allemands. M. Maurice de Sellon leur en fournit une excellente occasion par la publication récente de sa première *Étude de fortification permanente* intitulée *Plan et description de la citadelle fédérale de Rastadt.*

La place de Rastadt présente trois espèces de fortifications, des ouvrages extérieurs, une enceinte, des forts. Les ouvrages extérieurs consistent en lunettes, en redoutes pentagonales, heptagonales, reliées sur certaines parties par des courtines brisées, de manière à former, au besoin, un camp retranché. L'auteur trouve ces ouvrages extérieurs, en général, habilement disposés ; mais il émet cette critique que la trouée entre la gorge des ouvrages extérieurs du Niederwesen, et l'enceinte inférieure (*Unterer Anschluss*), n'est pas assez complétement fermée, parce qu'une armée française passant le Rhin à Plittersdorf pourrait brusquer l'attaque de Rheinau, passer la Murg et prendre par la gorge les ouvrages extérieurs du Niederwersen. — L'enceinte de Rastadt se subdivise en trois parties :

l'enceinte supérieure (*Oberer Anschluss*), l'enceinte du milieu (*Mittlerer Anschluss*), l'enceinte inférieure (*Unterer Anschluss*). L'enceinte supérieure comprend deux courtines brisées en avant, à la manière de *Daniel Speckles*, réunies par un bastion à orillon ; l'enceinte du milieu se compose de deux courtines brisées en avant et reliant entre elles trois bastions ; l'enceinte inférieure est une espèce d'ouvrage à cornes qui ferme la ville au nord-est. Il y a trois forts, le fort A, dit aussi fort Léopold, le fort B, le fort C : on ne peut se rendre clairement compte de leur tracé que par l'inspection de la planche Ire, habilement gravée sur cuivre par M. *Alexis Orgiazzi*, graveur attaché au dépôt général de la guerre.

Après avoir décrit tous ces ouvrages de fortification de la place de Rastadt, l'auteur apprécie en quelques pages leur degré de résistance. Il remarque avant tout que la place affecte la forme générale d'un quadrilatère, dont le côté le plus étroit regarderait le sud. La place ne présente nulle part de saillants ou de rentrants nettement accusés, et sauf du côté du Mittlerer Anschluss, l'assiégeant deviendrait facilement enveloppant de tous les autres côtés.

Dans son *plan d'attaque* contre le fort Léopold, donné comme une *Étude de travaux de siége contre une place fortifiée d'après l'école allemande*, M. *Maurice de Sellon* évalue que, pour faire une bonne défense, il faudrait dans la place de Rastadt une

garnison de 16,404 hommes et 734 bouches à feu : l'armée de siége, calculée dans la proportion de 6 à 1 par rapport à la garnison, serait alors de 98,424 hommes environ, à laquelle on adjoindrait 392 pièces approvisionnées en moyenne à 800 coups chacune. Ce plan d'attaque forme la partie la plus intéressante de la brochure, et les ingénieurs qui attaqueront plus tard Rastadt feront bien d'y avoir recours et de le consulter. Nous ne pouvons entrer, à son égard, dans des détails circonstanciés ou le critiquer : il faudrait pour cela recourir à des planches, ce qui nous éloignerait de notre intention et du but de ce compte rendu. Nous nous bornerons donc à indiquer les conclusions de l'auteur.

« Nous avons recherché, dit-il, avec toute l'impartialité dont nous sommes capable, la durée de la résistance d'une fortification à la manière allemande, et nous avons pris Rastadt pour sujet d'étude. Eh bien, cette durée n'est que de *trois jours supérieure* à la résistance d'une place à la Cormontaingne, supposée sans retranchement à la gorge de son bastion d'attaque, et de *sept jours inférieure* à la résistance de cette même place pourvue d'un retranchement même passager à la gorge du bastion attaqué. Elle est *inférieure de quatre jours* à la durée de résistance d'une place fortifiée d'après la troisième manière de Vauban.... Que conclure de là ? C'est que les innovations introduites dans la fortification permanente par les ingénieurs alle-

mands n'ont pas rempli le but qu'ils se proposaient, et qui était, sans aucun doute, d'augmenter la force et la durée de résistance de leurs places de guerre. A quoi cela tient-il? Nous croyons le savoir, et nous ne craindrons pas de le dire, puisque, comme nous avons déjà eu occasion de le déclarer à plusieurs reprises, notre unique but est l'avancement de la science, *sans distinction d'écoles.* Les ingénieurs allemands font trop consister la résistance d'une place dans la profusion des retranchements intérieurs et des réduits casematés. Leurs tracés n'accusent pas des rentrants et des saillants assez prononcés. *Il n'y a pas de point décidément faible; mais il n'y a pas de point fort.* Ils ne font pas assez cas des grandes masses couvrantes en terre, et prodiguent trop les maçonneries découvertes et les petits réduits casematés. Il résulte de ces divers caractères que l'assiégeant avance rapidement dans la première période du siége, et qu'avec un matériel d'artillerie suffisamment nombreux il peut ruiner les défenses de l'assiégé, et atténuer, si ce n'est annihiler, les ressources que celui-ci aurait besoin de conserver intactes pour la dernière période du siége. »

Cette première *Étude de fortification permanente* se distingue par la clarté et la connaissance profonde du sujet : c'est un des bons écrits militaires sortis de la plume de M. le capitaine *Maurice de*

Sellon ; nous la recommandons aux ingénieurs militaires dont elle mérite l'attention.

Passons à la seconde étude.

DEUXIÈME ÉTUDE.

EXAMEN DU TRACÉ

ENSEIGNÉ AUX TROUPES DU GÉNIE QUI FONT PARTIE DU 8e CORPS D'ARMÉE DE LA CONFÉDÉRATION GERMANIQUE ET APPRÉCIATION DE SA CAPACITÉ DE RÉSISTANCE.

OBSERVATIONS

Sur le projet de fortification polygonale à caponnières présenté par un officier du génie prussien.

In-8e de 26 pages, avec un atlas de 2 grandes planches. Paris, 1850, chez CORRÉARD.

Le tracé examiné dans cette seconde brochure est tiré de la 5e partie des *Instructions pour le service des pionniers du 8e corps d'armée de la confédération germanique*. On sait que l'armée fédérale active de la confédération se compose de dix corps d'armée, et que le huitième corps de cette armée est formé par les troupes du Wurtemberg, de Baden et du grand-duché de Hesse. Ce corps d'armée présente un effectif total de 30,150 hommes, dont la fixation est basée sur le centième de la popu-

lation ; quant aux pionniers-pontonniers de ce corps d'armée, ils sont calculés à raison du centième du contingent, soit 302 hommes.

Le tracé dont il s'agit est un tracé polygonal modifié de celui de Montalembert. Le côté extérieur du polygone a 580 mètres ; la caponnière centrale a 50 mètres de flanc et 50 mètres à la gorge, et ses faces sont défendues par deux traverses casematées, construites dans le parapet du corps de place. Toute l'escarpe du corps de place est casematée de manière à présenter un double étage de feux ; les saillants de ce corps de place, que l'auteur appelle *bastions*, parce que la légère brisure du côté extérieur en dedans leur donne cette apparence, sont garnis de retranchements casematés ayant des vues sur la campagne, et de feux rasants d'artillerie, pour battre le terre-plein lorsque l'ennemi l'occupera. Le saillant de la demi-lune se trouve porté à 180 mètres en avant du côté extérieur ; ses faces, qui ont environ 155 mètres de longueur, sont casematées et percées de meurtrières pour l'infanterie. Il y a, de chaque côté de la demi-lune, dans les angles rentrants que sa contrescarpe forme avec la contrescarpe du corps de place, une place d'armes rentrante dont le fossé est séparé, par un ressaut de 2 mètres, du niveau du fossé de la demi-lune et de celui du corps de place. Le chemin couvert est dépourvu de traverses, suivant l'usage assez généralement adopté par les ingénieurs alle-

traduit en français par M. le capitaine *Parmentier*, et dont nous avons fait un compte rendu spécial, M. *Maurice de Sellon* trouve qu'*il indique une ère positive de progrès dans la science de la fortification en Allemagne, et un commencement de retour vers les sains principes de la fortification moderne française.*

Nous terminerons ces pages en disant que les *Études de fortification permanente* sont pour M. *Maurice de Sellon* un nouveau titre à la bienveillance du monde militaire savant, et qu'elles ajoutent à la réputation qu'il devait déjà à ses précédents ouvrages. Nous faisons des vœux pour qu'il les complète par d'autres *Études*, aussi consciencieusement élaborées et accompagnées de planches dessinées avec le même talent, avec la même exactitude.

Ed. de la Barre Duparcq.

JOURNAL

DES

ARMES SPECIALES.

EXPÉRIENCES

DE BAPAUME.

Suite du Résumé général et conséquences des expériences.

Comparaison des effets des calibres de 24, de 16 et de 12.

50. Cette question résolue, on va mettre en regard les résultats obtenus dans les diverses brèches ouvertes par un tir direct avec les calibres de 24, de 16 et de 12 tirés à la charge du tiers, pour arriver à l'estimation de l'efficacité relative de chacun de ces calibres.

On a pour cette comparaison :

1° Les batteries nos 2 et 14, armées de pièces de

24, et qui ont ensemble ouvert 39m90 courants de brèche dans des revêtements de 3m54 d'épaisseur moyenne ;

2° Les batteries nos 6 et 11, armées de pièces de 16, et qui ont ensemble ouvert 39m60 courants de brèche dans des revêtements de 3m70 d'épaisseur moyenne ;

3° Les batteries nos 5 et 15, armées de pièces de 12, et qui ont ensemble ouvert 35m30 courants de brèche dans des revêtements de 2m33 d'épaisseur moyenne.

Les diverses batteries qui composent ces groupes ne se trouvaient point dans des conditions identiques; mais, balance faite des conditions favorables et défavorables particulières à chaque expérience, on trouve que les conditions moyennes propres à chaque groupe sont comparables.

On a laissé, à dessein, de côté la batterie n° 10, armée de canons de 16, qui a fait brèche dans le revêtement de la demi-lune 15, parce que ce revêtement a présenté moins de résistance à l'action des projectiles que ceux opposés aux autres batteries.

Les résultats moyens fournis par les trois groupes de batteries indiqués ci-dessus sont renfermés dans le tableau suivant :

Calibres.	Boulets employés. Tranchées horizontales.	Tranchées verticales.	Total.	Temps employé.	Largeur de brèche ouverte.	Par mètre courant de revêtement. Fonte.	Temps.	OBSERVATIONS.
					m.	kil.		
24	296	76	372	6 h. 51'	39.9	111.9	10' 18"	La quantité moyenne de fonte employée dans ces six brèches est de 113 kil. 50 par mètre courant.
16	426	94	520	8 h. 12'	39.6	105.6	12' 24"	
12	438	285	723	8 h. 1'	35.3	122.9	13' 36"	

On voit, d'après les chiffres contenus dans ce tableau, que pour ouvrir un mètre courant de brèche, il faut, à quelques kilogrammes près, au poids de deux boulets de 16 près, la même quantité de fonte, quel que soit le calibre employé.

Quant au temps nécessaire pour ouvrir 1 mètre courant de brèche, il est d'autant plus court que le calibre est plus fort; mais la durée de l'opération n'est pas dans le rapport inverse du poids des projectiles. Les poids des projectiles sont entre eux comme les nombres 6, 4 et 3, tandis que les temps employés avec chacun d'eux sont comme 5, 6 et 7.

On peut donc établir que pour ouvrir une brèche de 20 mètres de largeur, avec des batteries armées de quatre canons tirés à la charge du tiers, et dans des conditions moyennes de tir et de résistance analogues à celles où l'on était placé à Bapaume, il faut en nombres ronds :

Avec le calibre de 24, 190 coups de canon et 3 heures et demie.

Avec le calibre de 16, 285 coups de canon et 4 heures.

Avec le calibre de 12, 380 coups de canon et 4 heures et demie.

En employant la charge de la moitié du poids des projectiles, il faudrait environ 160 kilogrammes de fonte de moins, c'est-à-dire que l'on économiserait 13 boulets de 24, 20 boulets de 16 ou 27 boulets de 12, et le temps nécessaire pour les tirer, en faisant observer, d'un autre côté, qu'il faut plus de temps pour remettre en batterie avec la charge de la moitié qu'avec celle du tiers.

Influence des dimensions du profil de la fortification sur l'ouverture des brèches.

51. Les terres qui composent les terre-pleins et parapets de Bapaume étant très fortes et leur poussée pouvant être considérée comme nulle, on se serait trouvé dans des conditions très favorables pour étudier l'influence des dimensions du profil des maçonneries et du poids du massif découpé sur la chute du revêtement, si l'on eût pu connaître à l'avance les formes et la valeur relative des profils et régler en conséquence les conditions des expériences faites à ce sujet. Il n'en a pas été ainsi, et l'excessive variabilité des dispositions intérieures des revêtements d'escarpe ne permet pas d'établir

des rapports positifs entre les résultats obtenus.

Les batteries nos 2 et 14, armées de canons de 24, tirant à la charge du tiers, ont fait toutes les deux brèche dans des escarpes qui, extérieurement, avaient sensiblement la même valeur. La première ouvrait sa tranchée horizontale à 3m65 de hauteur dans une escarpe qui avait 10m30 de hauteur totale, de sorte que la hauteur du massif découpé était de 6m65. L'autre ouvrait sa tranchée horizontale à 6m25 de hauteur dans une escarpe de 12m50, de sorte que la hauteur du massif découpé était de 6m25. Ces deux massifs avaient donc sensiblement la même hauteur, et ce groupe d'expériences se trouvait propre à donner des indications sur l'influence de l'épaisseur du revêtement dans le cas où cette épaisseur n'eût pas été la même dans les deux murs. Il en était ainsi, en effet, puisque les épaisseurs au niveau de la tranchée horizontale se sont trouvées être de 4m36 pour la batterie 2, et de 2m72 seulement pour la batterie 14. Mais ici les contre-forts montaient jusqu'au niveau du cordon, et leur résistance agissait dans le même sens que la diminution du poids du massif pour retarder la chute du revêtement, tandis que dans l'autre expérience l'influence de la résistance des contre-forts a été beaucoup moins grande, puisque ces contre-forts ne s'élevaient pas à plus de 3 mètres au-dessus du niveau de la tranchée horizontale.

En résumé, avec la batterie n° 2, pour obtenir

le renversement d'un bloc de maçonnerie d'environ 400 mètres cubes, il a fallu 152 coups de canon, et avec la batterie n° 14, pour obtenir le renversement d'environ 315 mètres cubes, il a fallu 220 coups de canon. Ce résultat est bien dans le sens que la raison indique; mais l'exactitude du rapport entre les chiffres obtenus est infirmée par l'inégalité des conditions de résistance que présentaient les contre-forts.

Pour apprécier l'influence de la hauteur du massif sur la chute du revêtement on a les trois batteries de 16 n°s 6, 10 et 11, tirant toutes les trois à la charge du tiers du poids du boulet.

Pour la batterie n° 10, les dimensions du massif découpé étaient 2^{m}43 d'épaisseur sur 4^{m} 90 de hauteur, et la maçonnerie renversée mesurait approximativement 210 mètres cubes. Les contre-forts montaient jusqu'au cordon; mais le mur était en partie dégradé et le boulet de 16 y pénétrait de 1^{m}50, tandis que la pénétration moyenne de ce boulet n'a été que de 1 mètre dans les autres brèches. Il a fallu 128 coups de canon.

Pour la batterie n° 6, les dimensions du massif découpé étaient 4^{m}34 d'épaisseur sur 7 mètres de hauteur, et le cube renversé était approximativement de 450 mètres. Les contre-forts ne s'élevaient que jusqu'à 3 mètres au-dessus du niveau de la tranchée horizontale. Le revêtement était en bon état. Il a fallu 224 coups de canon.

Pour la batterie n° 11, les dimensions du profil découpé étaient 3^{m}07 d'épaisseur sur 9^{m}20 de hauteur; le massif renversé était approximativement de 490 mètres cubes. Le revêtement était en bon état; les contre-forts s'élevaient jusqu'à 2 mètres du cordon. Les extrémités de la brèche étaient dans les massifs d'angle du saillant et de l'épaule du bastion. Enfin cette brèche a été exécutée en partie de nuit. Il a fallu 296 coups de canon.

Les chiffres obtenus, 128, 224 et 296 coups de canon, sont dans le sens des poids des maçonneries détruites et des hauteurs des massifs découpés; mais les circonstances de ces trois expériences ne sont pas assez comparables pour pouvoir tirer des conclusions de leurs résultats.

Comparaison des tirs de jour et de nuit.

52. L'expérience de la batterie n° 11, qui, sur les 296 coups de canon qu'elle a consommés pour amener la chute du revêtement, en a tiré 260 pendant une nuit fort obscure et les 36 autres au milieu d'un brouillard épais, montre qu'avec des dispositions convenables et faciles à prendre, le tir en brèche peut s'exécuter la nuit presque aussi sûrement et aussi promptement que pendant le jour. On a évalué plus haut que les consommations et le temps nécessaires pour faire brèche dans des conditions moyennes avec le calibre de 16 tiré à la charge du tiers, étaient 285 coups de canon et

4 heures. L'ouverture de la brèche 11, dans une face de bastion de 26 mètres de largeur et très solide, a été exécutée en 4 heures 42 minutes avec 296 coups de canon.

Tir dans les restes de maçonnerie et dans les contre-forts.

53. Les nombres de coups de canon qu'il a fallu tirer après la chute des revêtements pour débarrasser les brèches des portions de murailles restées debout et pour couper les parties visibles des contre-forts devaient être et ont été effectivement très variables. Pour les batteries nos 2 et 14, armées toutes les deux de canons de 24 tirant au tiers, ces nombres ont été 8 et 93. Pour les batteries de 16, nos 6 et 11, tirant également au tiers, il a fallu pour l'une 48 boulets et 96 pour l'autre. Cependant, si l'on prend les moyennes fournies par les trois groupes de batteries de 24, de 16 et de 12, tirant à la charge du tiers, on trouve encore des consommations de fonte peu différentes l'une de l'autre. Ainsi pour les deux batteries de 24 cette moyenne est de 606 kilogrammes de fonte; elle est de 576 pour les deux batteries de 16, et de 651 kilogrammes pour les deux batteries de 12. Ces nombres sont dans le même ordre que ceux trouvés pour le renversement des escarpes et indiquent encore un léger avantage en faveur du calibre de 16; le calibre de 24 vient ensuite, puis celui de 12. On peut encore tirer de ces résultats cette conséquence, c'est qu'en atta-

quant les restes de maçonnerie et les contre-forts d'une manière uniforme et rationnelle, comme cela a lieu pour la formation des tranchées, on doit arriver à les détruire, quel que soit le calibre employé avec une même quantité de fonte, et cette quantité de fonte doit être d'environ 600 kilogrammes, soit 50 boulets de 24, 75 boulets de 16 et 100 de 12.

Tir dans les terres pour achever les brèches.

54. On s'est trouvé à Bapaume, pour cette dernière opération, dans des conditions particulières peu favorables.

Le désir d'éviter toute chance d'accidents avait conduit la Commission, au risque même de ne point achever ses brèches, à rejeter l'emploi des projectiles creux et à ne se servir que de boulets.

On s'astreignit, en outre, à ne point dépasser dans le tir la hauteur du cordon, et même lorsque le parapet était bas, ce qui avait lieu presque partout, à se limiter à un mètre au-dessous de cette ligne.

A ces difficultés qu'on s'imposait volontairement s'ajoutait celle que présentait la nature particulière des terres des parapets, terres très fortes qu'il fallait attaquer comme des murs par des tranchées et qui ne tombaient qu'autant qu'elles se trouvaient en surplomb.

Cependant, malgré ces difficultés, toutes les brèches ont été terminées avec un assez petit nombre

de coups de canon et ont pu être facilement franchies. Toutes, à la vérité, avaient dans le haut un ressaut qui n'eût pas permis à la guerre de les considérer comme praticables pour les colonnes d'attaque; mais il est hors de doute qu'avec le nombre de boulets employés et même avec un nombre moindre et en tirant à écrêter, comme on le fait à la guerre, on les eût complétement ouvertes dans le haut. Dans toutes les brèches qui ont été faites, les rampes étaient, d'ailleurs, convenablement unies et recouvertes de terre. L'inclinaison de leurs talus a varié entre 31 et 37 degrés. Si l'on réunit par calibres, et pour la charge du tiers, les nombres moyens de boulets employés à terminer les brèches, on trouve qu'il a fallu 69 boulets de 24, 67 boulets de 16 et 29 boulets de 12. Il n'y a évidemment aucun compte à tenir de ces chiffres, quant à la relation qui existe entre eux, relation qui a été déterminée par les circonstances particulières des expériences et surtout par l'état d'avancement où se trouvaient les brèches, quand on a commencé à tirer dans les terres. Mais ils montrent que l'efficacité des boulets pour faire ébouler les terres est assez grande, et qu'il ne sera pas nécessaire d'avoir recours à l'opération si difficile du remplacement des canons par des obusiers dans les batteries de brèche.

Récapitulation.

55. En réunissant, comme on l'a fait pour les

consommations employées à l'ouverture des brèches, les résultats moyens obtenus dans les groupes de batteries 2 et 14, 6 et 11, 5 et 15, armés respectivement de canons de 24, de 16 et de 12, et tirant tous à la charge du tiers des poids des projectiles, en ayant égard, toutefois, à ce que le poids de la charge de campagne du 12 est inférieur au tiers du poids du boulet, on trouve les résultats suivants:

Calibres.	PROJECTILES employés.		TEMPS employé.		Largeur de brèche ouverte.	PAR MÈTRE courant de brèche.	
	en nombre.	en poids.	en heures.	en minutes.		Fonte.	Temps.
		kil.			m.	kil.	
24	612	7314	11 h. 5'	665'	39.9	184.40	16' 40"
16	796	6368	12 h. 24'	744'	39.6	160.80	18' 48"
12	999	5994	10 h. 25'	625'	35.3	169.80	17' 42"
Moyennes		6535				171.67	

Ces chiffres, déduits de l'ensemble des opérations qui composent l'exécution des brèches, sont d'accord avec ceux précédemment présentés.

On voit que sous le rapport de la consommation en fonte la variation d'un calibre à l'autre est très peu considérable. Elle est d'un boulet de 24 en dessus et d'un boulet de 16 en dessous de la moyenne par mètre courant de brèche, et cette moyenne est sensiblement égale à la consommation du calibre de 12.

Sous le rapport du temps employé, il y a une anomalie apparente pour le 12; mais si l'on fait attention que dans l'évaluation des temps on n'a tenu compte que de la durée réelle du tir, sans s'occuper des interruptions que nécessitaient les délibérations de la Commission, interruptions qui laissaient aux pièces le temps de se refroidir et permettaient de reprendre ensuite le feu à raison de 2 coups en 3 minutes, on reconnaîtra que la durée portée ici pour le calibre de 12 est trop courte et qu'elle ne pourrait pas être dans la pratique au-dessous de 20 minutes.

On peut déduire de ces résultats que dans des conditions analogues à celles où la Commission s'est trouvée à Bapaume, il faudrait pour exécuter une brèche praticable de 20 mètres de largeur, avec 4 canons tirant à la charge du tiers, en nombres ronds:

Pour le calibre de 24, 285 coups de canon et environ 5 heures et demie.

Pour le calibre de 16, 430 coups de canon et environ 6 heures.

Pour le calibre de 12, 575 coups de canon et environ 6 heures et demie.

Batteries obliques.

56. Il a été fait deux expériences complètes sur l'exécution des brèches par un tir oblique.

La batterie n° 3, armée de quatre canons de 16 tirant à la charge de la moitié, a fait brèche à la

distance moyenne de 119 mètres et sous un angle d'incidence moyen de 25 degrés dans le plan horizontal. Les limites de la variation possible de cet angle, en croisant le feu des pièces extrêmes, étaient 19 degrés et 31 degrés.

La batterie n° 4, armée également de 4 canons de 16, mais tirant à la charge du tiers et à une distance moyenne de 159 mètres, a fait brèche sous un angle moyen de 25 degrés dans le plan horizontal, avec une variation possible comprise entre 20 et 30 degrés.

Ainsi, sous le rapport de la vitesse imprimée aux projectiles et sous celui de la distance, la seconde batterie se trouvait dans des conditions moins favorables que la première.

Une troisième expérience a été commencée, mais non terminée, avec la batterie n° 8, armée de quatre canons de 24 tirant à la charge de la moitié, à une distance moyenne de 260 mètres et sous un angle d'incidence qui pouvait varier entre 15 et 21 degrés.

Les maçonneries des trois courtines sur lesquelles ces expériences ont été exécutées étaient en très bon état, et comparables avec celles des batteries directes nos 1, 6 et 7.

Tir des premiers boulets.

57. Dans deux de ces expériences, la première et la troisième, on a suivi pour le placement des premiers boulets une marche analogue à celle em-

ployée dans les batteries directes, c'est-à-dire que chaque pièce a été pointée sur la gauche de son champ de tir, de manière à marquer la tranchée horizontale par quatre trous, et les salves suivantes ont été dirigées de manière à allonger vers la droite les premières excavations, jusqu'à ce qu'elles se fussent rejointes et qu'elles ne formassent plus qu'une tranchée continue. Seulement, dans la batterie de 24, on avait croisé le feu des pièces, afin d'avoir un angle moins aigu vers la gauche de la brèche, où le ricochet eût été plus dangereux.

Pour la batterie n° 4, on a suivi une autre méthode. Toutes les pièces ont été pointées vers la gauche de la tranchée horizontale, de manière à n'ouvrir celle-ci que sur un seul point, et l'on a ensuite prolongé la déchirure vers la droite, en appuyant peu à peu les pièces vers ce côté. C'est la sape telle que l'entendait Vauban.

Ces deux méthodes ont paru également bonnes pour un tir oblique, car la différence des nombres des coups tirés par les batteries n°s 3 et 4 pour former les tranchées horizontales s'explique suffisamment par la différence des distances du tir et des charges de poudre. Ce nombre de coups a été de 138 pour la batterie n° 3, et de 160 pour la batterie n° 4.

Mesure des excavations produites par les premiers boulets.

58. La forme des excavations produites dans la

muraille par les premiers boulets était celle d'un prisme ou coin irrégulier, et la réunion de plusieurs de ces excavations figurait une ligne à redans très propre à amortir les boulets subséquents et à annuler le ricochet. Cependant, quand un boulet était bas et rencontrait la partie inférieure et presque horizontale d'une excavation, il se relevait beaucoup et pouvait devenir dangereux. C'est ce qui est arrivé dans la batterie n° 8, et ce qui a forcé de suspendre cette expérience.

Les dimensions moyennes des excavations observées, pour les trois expériences de tir oblique, sont contenues dans le tableau suivant, ainsi que l'évaluation approximative des volumes de ces excavations : on n'a fait entrer dans ce calcul que les excavations produites sur des portions de murailles tout à fait intactes.

Nos des batteries.	Calibres.	Charge.	Distance du tir.	LARGEUR maxima de l'excavation.		PROFONDEUR maxima de l'excavation.		Surface de la section méridienne de l'excavation.	OBSERVATIONS.
				horizontale.	verticale.	dans le sens du tir.	perpendiculaire au revêtement.		
			mètr	m.	m.	m.	m.	m.	
3	16	1/2	119	1.70	0.76	1.47	0.33	0.28	Les dimensions pour la batterie n° 4 ne sont pas des moyennes, mais celles de l'excavation produite par le premier boulet.
4	16	1/3	159	2.85	1.20	2.80	0.62	0.88	
8	24	1/2	260	1.85	0.86	1.70	0.38	0.35	

On voit que les dimensions du seul trou qu'on ait pu observer dans le tir de la batterie n° 4 sont trop grandes pour n'être point une anomalie. Il ne reste donc plus, pour la comparaison, que les batteries n°s 3 et 8, qui ont tiré toutes les deux à la charge de la moitié, l'une avec du 16, la seconde avec du 24.

Or, dans le tir direct ordinaire, à une distance de 48 mètres, on avait trouvé que les surfaces des sections méridiennes des excavations de ces mêmes boulets, tirés aussi à la charge de la moitié, étaient de 32 décimètres carrés pour le 24, et de 22 pour le 16. Celles fournies par le tir oblique sont un peu plus considérables, malgré la grande différence des distances du tir, et si elles ne sont pas exactement dans le même rapport que les premières, c'est-à-dire si l'augmentation de l'effet du calibre de 24 est moindre que l'augmentation de l'effet du calibre de 16, il ne faut pas perdre de vue que la batterie de 24 tirait sous un angle moyen d'incidence de 18 degrés, tandis que celui de la batterie de 16 était de 25 degrés.

Il résulte donc de cette comparaison deux faits essentiels :

C'est que, même sous un angle d'incidence horizontal de 18 degrés, les effets des projectiles sur une muraille construite comme celle de Bapaume, sont au moins aussi considérables que ceux que l'on obtient dans le tir direct, et que cet avantage

du tir oblique serait encore marqué à une distance de 260 mètres, si la dispersion des coups ne tendait pas, à de grandes distances, à élargir la tranchée.

Tranchées horizontales.

59. En partant de ces chiffres, 35 et 28 décimètres carrés, qui représentent les effets produits dans la maçonnerie par les boulets de 24 et de 16, tirés à la charge de la moitié, on trouve que, pour ouvrir un mètre courant de tranchée horizontale sur une profondeur moyenne de 2^{m} 25, il faudrait 6.4 boulets de 24 et 8 boulets de 16. Ce fait n'a pas pu être complètement vérifié pour le 24, puisque l'expérience de la batterie n° 8 n'a pas été achevée. Cependant, on a vu que 40 boulets avaient produit une tranchée dont la section était déjà d'environ 16 mètres carrés, ce qui correspond à 5 boulets 6 dixièmes pour un mètre courant de tranchée horizontale, terminée à 2^{m} 25 de profondeur.

Quant à la batterie n° 3, qui a terminé sa brèche, on voit qu'il a suffi de 138 boulets de 16, tirés à la charge de la moitié, pour ouvrir la tranchée horizontale sur une longueur de 21^{m}70. C'est par mètre courant de tranchée, 6.4 boulets, par mètre carré de section, 2.8 boulets, ce qui correspond, pour l'effet d'un seul boulet, à 0^{mc}35. Ces chiffres sont

plus forts que ceux fournis par l'évaluation portée ci-dessus, et que ceux qui résultent de calculs analogues faits d'après les résultats obtenus avec la batterie directe n° 7. Cet avantage du tir oblique sur le tir direct, qui n'est point balancé par l'augmentation de la distance qui sépare la batterie du but, doit donc trouver sa raison dans l'obliquité même du tir, et semble pouvoir s'expliquer par ce fait, que le boulet, qui rencontre une muraille sous un angle aigu et qui y pénètre, ne borne pas ses effets à la formation d'un entonnoir plus ou moins profond, au fond duquel il se loge, mais qu'il fait rejaillir en dehors toute la portion de maçonnerie comprise entre son passage et la surface extérieure du mur, et que, plus tard, lorsque la tranchée est déjà avancée, il prend d'écharpe et rase avec plus de facilité que le boulet direct les saillies et toutes les irrégularités que présente le fond de cette tranchée.

En analysant, comme on vient de le faire pour les batteries de 16 tirant à la charge de la moitié, les résultats fournis par les batteries oblique et directe du même calibre, tirant à la charge du tiers, on trouve que l'effet du boulet est le même dans les deux modes de tir, ce qui ne contredit point les conséquences que l'on vient de déduire. Le tableau suivant renferme les éléments de cette comparaison pour les deux calibres et les deux charges.

Mode de tir.	EFFET D'UN BOULET DE		
	24 au 1/2.	16 au 1/2.	16 au 1/3.
Batteries directes.	0 mc. 36	0 mc. 29	0 mc. 27
Batteries obliques.	0 mc. 40	0 mc. 35	0 mc. 27

Il résulte de là, quant à l'effet produit par un boulet sur une muraille, qu'avec la charge de la moitié, le tir oblique présente une assez grande supériorité sur le tir direct, même à des distances triple et quintuple, et qu'avec la charge du tiers, c'est-à-dire avec une vitesse qui donne au projectile plus de tendance à ricocher, l'effet du tir oblique est égal à celui du tir direct, même à une distance presque quadruple.

Tranchées verticales.

60. Comme on devait s'y attendre, la formation des tranchées verticales présente plus de difficultés dans le tir oblique que dans le tir direct, puisqu'on ne peut les approfondir qu'en les élargissant considérablement, et que les boulets devant toujours raser une surface sensiblement parallèle à leur plan de tir, sont dans des conditions très favo-

rables au ricochet. Cependant, soit que, dans la brèche oblique n° 3, tirant à la moitié, la tranchée horizontale fût plus avancée que dans les batteries directes, soit qu'un certain nombre des boulets tirés dans la tranchée verticale la plus rapprochée de la batterie, en passant derrière le revêtement, aient commencé à saper un contre-fort et à désagréger les terres, soit qu'il faille attribuer ce résultat au soin particulier qu'on a mis dans le pointage, il est arrivé que, pour cette batterie, il a fallu exactement le même nombre, 46 coups de canon, dans les tranchées verticales, pour déterminer la chute du revêtement que dans la batterie directe n° 7, qui tirait aussi avec des canons de 16 et à la charge de la moitié.

Il n'en a pas été ainsi de la batterie n° 4, qui tirait à une distance plus grande que la précédente et avec la charge du tiers. Un assez grand nombre de boulets ont ricoché, et il en a fallu 111 pour déterminer la chute du revêtement. Le même résultat avait été obtenu pour les batteries directes de 16 au 1/3 avec 45 coups de canon en moyenne.

La marche des expériences a indiqué qu'il y aurait avantage, dans l'exécution des brèches obliques, à incliner la tranchée la plus rapprochée de la batterie, de manière à élargir la brèche par le haut et à pouvoir atteindre le massif des terres, au sommet de la brèche, à une plus grande profondeur.

Chute du revêtement.

61. En résumant, comme on l'a fait pour les batteries directes, les circonstances qui ont amené la chute du revêtement dans les deux brèches obliques nos 3 et 4, on trouve les résultats suivants:

Batteries.	Charges.	Boulets employés. Tranchées horizontales.	Tranchées verticales.	Total.	Temps employé.	Largeur de brèche ouverte.	Par mètre courant de revêtement. Fonte.	Temps.	OBSERVATIONS.
						m.	kil.		
3	1/2	138	46	184	3 h. 44'	18. 1	81.32	12' 32"	Les consommations de fonte, par mètre courant, étaient, pour les batteries directes, de même genre, 83 kil. 20 et 90 kil. 10.
4	1/3	160	111	271	4 h. 28'	18. 3	118.36	14' 38"	

Tir dans les restes de maçonnerie, les contre-forts et les terres.

62. Ainsi qu'on pouvait le pressentir, le tir oblique présente de l'avantage sur le tir direct pour la destruction des restes de maçonnerie et des contreforts, et pour provoquer l'éboulement des terres du parapet, quand la brèche est suffisamment large par le haut. Dans les deux expériences à tir direct nos 7 et 6, exécutées avec des canons de 16 tirant, dans la première, à la charge de la moitié, et dans la seconde, à la charge du tiers, il avait fallu

184 coups de canon pour terminer les brèches. Pour arriver au même résultat, la batterie oblique n° 3, qui a employé la charge de la moitié, n'en a tiré que 116, et la batterie n° 4, qui a employé la charge du tiers, n'en a tiré que 148. Cet avantage du tir oblique, que Vauban connaissait, et qui est dû, sans nul doute, à ce que les boulets prennent d'écharpe les matériaux qu'il s'agit de raser, est d'autant plus remarquable que la distance du tir pour les batteries n°s 3 et 4 était le triple de celle des batteries directes, et que, par conséquent, les erreurs de pointage et les déviations des projectiles devaient être plus considérables dans les premières que dans les secondes. On peut encore ajouter que les batteries obliques, au lieu de voir leurs brèches sur une largeur de 20 mètres, ne pouvaient les apercevoir qu'en raccourci sur un plan perpendiculaire au tir, ce qui réduisait leur largeur apparente à moins de 10 mètres.

Récapitulation.

63. En récapitulant les faits constatés dans l'exécution des brèches obliques n°s 3 et 4, et en les comparant à ceux constatés dans l'exécution des brèches directes de même genre n°s 7 et 6, on trouve les chiffres renfermés dans le tableau suivant :

Désignation des batteries.		PROJECTILES employés. en nombre.	PROJECTILES employés. en poids.	TEMPS employé. en heures.	TEMPS employé. en minutes.	LARGEUR de brèche ouverte.	PAR MÈTRE courant de brèche. Fonte.	PAR MÈTRE courant de brèche. Temps.
						m.	kil.	
16 au 1/2	directe.	392	3136	6h. 7'	367'	20.00	156.8	18'
	oblique.	300	2400	5h.37'	337'	18.10	132.2	19'
16 au 1/3	directe.	408	3264	6h. 9'	369'	19.70	165.7	19'
	oblique.	419	3352	6h.44'	404'	18.30	183.2	22'

Il résulte de cette comparaison qu'en employant la charge de la moitié du poids des projectiles, le tir oblique a un avantage marqué sur le tir direct, même à une distance triple, et qu'en employant la charge du tiers, il y a un léger avantage en faveur du tir direct; mais que cet avantage se réduit à peu de chose, si l'on observe que la distance du tir de la batterie oblique était exactement le triple de celui de la batterie directe.

Ces résultats d'expériences sont de la plus haute importance et font désirer que l'étude de ce nouveau mode de tir soit continuée, surtout en ce qui regarde les effets du calibre de 24 qui permettrait probablement d'admettre, dans la pratique, des angles d'incidence dans le plan horizontal moindres que 25 degrés, et de placer les batteries à des distances du point à battre plus grandes que 160

mètres. Les faits déjà acquis montrent que le tir direct ordinaire, tel qu'il a été employé jusqu'ici, pourrait bien, contre des maçonneries de résistance moyenne, ne pas être le plus efficace possible, et que, dans tous les cas, à efficacité égale dans certaines limites, le tir oblique contre des maçonneries analogues à celles de Bapaume aurait encore sur le tir direct cet avantage très grand de donner aux assiégeants, dans un grand nombre de circonstances, la facilité de battre en brèche telle ou telle partie des escarpes des fronts attaqués qui n'aurait pas pu l'être si l'on n'eut dû employer que le tir direct.

Brèches dans des flancs casematés.

64. Deux expériences ont été faites pour mesurer les effets des projectiles sur des revêtements adossés à des voûtes.

Une batterie armée de trois canons de 16 tirant à la charge du tiers a fait une brèche praticable dans un flanc casematé.

Une batterie armée de quatre canons de 24 tirant aussi à la charge du tiers a été employée à ruiner les casemates d'un flanc symétrique au précédent. Le succès de la première expérience a déterminé la Commission à borner là le rôle de la batterie de 24.

Les conditions dans lesquelles étaient placées ces

deux batteries étaient difficiles. Les flancs à battre n'avaient que 7^{m}50 de largeur au niveau des embrasures des casemates et étaient solidement étayés, d'un côté par les courtines, et de l'autre par des orillons qui en masquaient même une partie. Les revêtements avaient 3^{m}45 d'épaisseur, les voûtes des casemates étaient très épaisses et le pied droit qui les séparait avait 1^{m}80 d'épaisseur. Enfin, les voussoirs des embrasures étaient en pierre de taille.

La batterie de 16 a tiré à une distance de 71 mètres. La distance de la batterie de 24 était de 301 mètres. La direction du tir était de 78 à 87 degrés dans l'horizon.

Pour la batterie de 16, qui a fait brèche, il n'y a pas eu à proprement parler de chute de revêtement. Celui-ci, solidement étayé par la courtine et l'orillon, est tombé successivement par bandes horizontales à mesure que les tranchées verticales s'élevaient. Il a fallu pour exécuter la brèche 309 coups de canon et 5 heures 40 minutes, ce qui correspond à 386^{k}20 de fonte par mètre courant de brèche. Les moyennes trouvées pour les autres batteries de 16 tirant à la charge du tiers sont 160^{k}80 de fonte. C'est une consommation de boulets plus que double.

Si l'on envisage les effets des deux batteries sous le rapport de la mise hors de service des casemates, on trouve :

Qu'après 32 coups de 24 ou 48 coups de 16 les embrasures étaient démolies dans leurs parties visibles, et que les casemates avaient été ricochées dans tous les sens par plusieurs boulets;

Qu'après 72 coups de 24 ou 66 coups de 16, les deux embrasures ne formaient plus qu'une seule ouverture continue, que l'intérieur des casemates était encombré de débris et hors d'état de servir immédiatement;

Qu'enfin après 100 coups de canon de l'un ou de l'autre calibre, les casemates étaient complétement hors de service et n'auraient probablement pas pu être réarmées pendant la durée du siége.

Il ressort de là que des revêtements casematés et construits en bonne maçonnerie moyenne sont très rapidement mis hors de service par des canons tirant à la charge du tiers du poids du boulet, même à de grandes distances. Si l'on ajoute à cela, qu'après les résultats obtenus avec le tir oblique, il sera presque toujours facile de placer les batteries assiégeantes en dehors du champ de tir naturellement assez restreint des embrasures de casemates, et de diriger sur celles-ci un feu d'écharpe qui coupera en peu de temps tous les merlons, sans qu'il puisse y être répondu utilement, il est permis de penser que la valeur réelle des nouveaux systèmes de fortification à casemates étagées adoptés en Allemagne n'est pas aussi grande que l'ont cru leurs constructeurs, et que la principale force

de la défense continuera de résider dans les pièces établies sur le parapet.

Influence de la distance du tir.

65. La distance la plus grande à laquelle on ait tiré dans les expériences de Bapaume est de 301 mètres. A cette distance, il n'y pas eu d'erreur de plus d'un mètre à droite ou à gauche du but.

On a vu que dans les batteries obliques de 16 qui ont tiré à des distances de 119 et 159 mètres, la largeur des brèches était moindre que 20 mètres. Par conséquent, pour ces distances et malgré l'obliquité du tir, il n'y avait pas eu d'erreurs de pointage ou de déviations des boulets. Dans la batterie n° 8 de 24 qui tirait à une distance de 260 mètres et sous un angle moyen de 18 degrés, la longueur de la tranchée horizontale, qui devait être de 20 mètres, a été portée à 27 mètres, ce qui fait une erreur d'un tiers en sus ou de trois mètres et demi de chaque côté. Mais on doit observer qu'à cette distance et sous cette obliquité la batterie n'apercevait un but de 20 mètres que sous une largeur apparente d'environ 7 mètres, et que les erreurs dont il est question doivent être réduites dans le même rapport.

Les erreurs dans le sens vertical ont été moindres encore.

Observations particulières.

66. La Commission, pendant le cours de ses expériences, a recueilli toutes les observations qui pouvaient présenter de l'intérêt pour le service général de l'artillerie. On résume ici ces observations.

Constructions des batteries.

67. Les gabions employés au revêtement des joues d'embrasure ne résistent point pendant toute la durée de l'exécution d'une brèche. Leur destruction commence par les deuxièmes gabions à partir de la genouillère, qui se trouvent vis-à-vis le point où le souffle des pièces a le plus d'énergie. Le souffle des pièces commence par creuser le sol du fond de l'embrasure de 20 à 30 centimètres, ce qui fait descendre la terre contenue dans les deuxièmes gabions et les vide peu à peu. Quand ils sont à moitié vidés, et cela arrive après une trentaine de coups de la pièce, ces gabions sont bien vite disloqués et emportés et suivis successivement par les autres. Dès que cet effet commence à se produire sur les deuxièmes gabions, les premiers se déplacent, la portière tombe, et ces deux gabions, n'étant plus soutenus, s'inclinent l'un vers l'autre et en dedans, et tendent à faire basculer le

gabion qui forme genouillère, lorsque la batterie est revêtue en gabions. Il devient alors quelquefois impossible de mettre en batterie sans réparer le dégât. On s'est bien trouvé des harts en fil de fer qui résistent mieux que les harts en bois et des deux dispositions suivantes :

La première a consisté à placer les deuxièmes gabions un peu en retraite par rapport aux joues des embrasures. Leur fond se trouvant ainsi plus éloigné de l'excavation produite dans le sol de l'embrasure par le souffle de la bouche à feu, ils se vidaient moins vite ;

La seconde disposition, qui tendait au même but, a consisté à placer ces gabions verticaux sur le sol et à incliner fortement les premiers sur eux, ce qui donnait à ceux-ci moins de tendance à tomber en dedans.

On pourrait aussi remplir les gabions des embrasures avec des sacs à terre.

Plates-formes.

68. Avec une terre grasse comme celle de Bapaume, la longueur et l'inclinaison ordinaires des plates-formes sont insuffisantes pour le recul des pièces, surtout de celles tirant à la charge de la moitié, aussitôt qu'il a plu. Quand ce cas s'est présenté, les pièces ont quelquefois dépassé les plates-formes. Il a fallu prolonger celles-ci par une

queue d'une inclinaison du sixième et entraver la course des roues par des tasseaux. Avec les pièces de 12, il a fallu toujours employer ces précautions, quel que fût le temps.

Batteries de 12.

69. Dans les batteries de ce calibre, la hauteur de $0^{m}80$ pour la genouillère est trop considérable. La volée des pièces baisse fortement dans le tir, frappe la genouillère et la détruit. Il a fallu réduire celle-ci à $0^{m}50$, et, comme les canonniers n'étaient plus alors suffisamment couverts par l'épaulement, on a dû pratiquer entre les pièces des fossés de $0^{m}75$ de profondeur, où ils se tenaient après le chargement. Pour garantir les hommes des coups de mousqueterie à travers l'embrasure, dans les batteries de 12, il serait peut-être préférable de couvrir l'embrasure avec quelques fascines ou avec un gabion, mis en travers comme une portière.

[redacted]

Pointage.

71. La hausse a été donnée aux pièces au moyen du mètre à curseur et d'après les tables fournies par M. le commandant Didion. Ces tables, qui n'existaient point dans l'*Aide-mémoire*, ni ailleurs, pour des distances inférieures à celle du but en blanc, sont déduites des expériences faites à Metz en 1846. Leur exactitude a été confirmée à Bapaume, puisqu'on n'a pas eu à tâtonner sur la hausse. Dans le tir de nuit, on s'est servi, pour mettre les pièces en direction, d'un appareil construit par M. le capitaine Joly-Frigola, et qui a parfaitement rempli son but.

Chargement.

72. Le chargement en gargousses allongées a été, exclusivement à tout autre, employé pour les calibres de 24 et de 16. Les cartouches confectionnées de campagne, pour le calibre de 12, étant venues à manquer, on a pu leur substituer des gargousses de 16 allongées. Les 40 derniers coups de la batterie n° 15 ont été ainsi chargés.

Poudres d'Esquerdes et de Saint-Ponce.

73. On avait mis en comparaison, dans chaque batterie armée de canons de siége, les deux poudres

à canon d'Esquerdes et de Saint-Ponce, qui, avant les améliorations récemment introduites dans la fabrication des poudres de guerre, par suite des travaux de la Commission du lissage, s'éloignaient habituellement le plus l'une de l'autre, sous les rapports de la densité gravimétrique et de la dureté. Le point qu'on se proposait de vérifier était de reconnaître si la différence des densités, qui détermine une différence dans les longueurs des charges, avait une influence sensible sur la tension des gaz produits par la déflagration de la charge et, par suite, sur la détérioration des bouches à feu.

Dans chaque batterie, les deux canons de droite ont constamment tiré avec de la poudre d'Esquerdes, et ceux de gauche avec de la poudre de Saint-Ponce.

Les épreuves journalières auxquelles ces poudres ont été soumises ont constaté, pour la poudre d'Esquerdes, que la densité gravimétrique des divers barils a varié entre $0^{k}822$ et $0^{k}885$, et que la densité moyenne a été de $0^{k}865$. La densité gravimétrique de la poudre de Saint-Ponce a varié entre $0^{k}790$ et $0^{k}847$, et la moyenne a été de $0^{k}823$. Lorsque les poudres étaient tassées, ces densités moyennes étaient $0^{k}977$ pour Esquerdes et $0^{k}929$ pour Saint-Ponce. La poudre d'Esquerdes avait 287 grains au gramme et celle de Saint-Ponce 290 grains.

Il en est résulté que moyennement la hauteur de

la gargousse de 24 à la charge de 6 kilogrammes ou de la moitié, a été de 0^m455 pour la poudre d'Esquerdes et de 0^m478 pour celle de Saint-Ponce. La gargousse de 24 de 4 kilogrammes ou du tiers avait 0^m298 avec la poudre d'Esquerdes et 0^m313 avec celle de Saint-Ponce. La gargousse de 16 de 4 kilogrammes ou de la moitié avait 0^m388 en poudre d'Esquerdes et 0^m408 en poudre de Saint-Ponce. Enfin, la gargousse de 16 de 2^k667, ou du tiers, avait 0^m255 en poudre d'Esquerdes, et 0^m268 en poudre de Saint-Ponce.

La moyenne des portées du globe du mortier-éprouvette a été de 245 mètres pour la poudre d'Esquerdes et de 247 mètres pour celle de Saint-Ponce.

Pour apprécier les effets comparatifs de ces deux poudres, on a d'une part les pénétrations des boulets dans la maçonnerie et de l'autre l'état des dégradations produites par le tir dans les bouches à feu.

Quant à la grandeur des effets produits sur la maçonnerie par les deux poudres, le tableau suivant donne les moyens de les comparer, en rapprochant les pénétrations obtenues avec les 16 premiers boulets tirés par les batteries directes n°s 1, 2, 6 et 7, qui se trouvaient dans des conditions aussi comparables que possible sous le rapport de l'état des pièces et de la qualité de la maçonnerie à battre, et que l'on a choisi pour cela. Des faits

analogues à ceux que l'on va signaler se sont passés dans les autres batteries.

POUDRES.	24		16		OBSERVATIONS.
	au 1/2.	au 1/3.	au 1/2.	au 1/3.	
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	
Esquerdes. .	1.14	1.22	1.06	0.96	Les barils de poudre consommés pour les deux batteries de 24 marquaient : Esquerdes, densité, sans tassement, 0 k. 867, et avec tassement 0 k. 968. Saint-Ponce sans tassement, 0 k. 847, et avec tassement, o k. 947. Pour les barils consommés dans les deux batteries de 16, ces densités étaient, pour Esquerdes, 0 k. 880 et 0 k. 990, et pour Saint-Ponce 0 k. 850 et 0 k. 942.
Saint-Ponce.	1.28	1.15	1.12	0.89	
Moyennes. .	1.21	1.18	1.09	0.93	

Il résulte de ce rapprochement un fait remarquable, c'est que la poudre la moins dense a la supériorité d'effet avec la charge de la moitié, et passe au second rang avec la charge du tiers. Déjà, dans des expériences spéciales exécutées en 1842, par la Commission du lissage des poudres de guerre, expériences dans lesquelles on avait tiré au pendule à canon, et à la charge du tiers, des échantillons de poudres à canon françaises et étrangères, il avait été constaté qu'à cette charge les vitesses initiales imprimées au boulet se classaient dans le même ordre que les densités gravimétriques. Les expériences de Bapaume ont confirmé ce résultat; mais elles semblent indiquer un fait nouveau, c'est que, lorsqu'on passe de la charge du tiers à celle de la moitié, les effets des poudres se présenteraient en

ordre inverse, et que les moins denses deviendraient les plus fortes.

Le fait qu'on vient de signaler ne ressort pas seulement de la grandeur des pénétrations des projectiles dans la muraille. On trouve sa confirmation dans l'état des bouches à feu après le tir. Si, en effet, on calcule les moyennes des augmentations des diamètres verticaux et horizontaux des pièces dans la première moitié de la longueur de l'âme à partir du tonnerre, et que l'on rapproche ces chiffres, on arrive aux résultats suivants :

Dans les pièces de 24 qui ont tiré à la charge de la moitié du poids du boulet, et après 52 coups par pièce, celles qui ont tiré avec de la poudre d'Esquerdes ont un excès moyen de diamètre de 0^m32, et celles qui ont été chargées avec de la poudre de Saint-Ponce ont un excès moyen de diamètre de 0^m42.

Pour les pièces de 24 qui ont tiré à la charge du tiers, et après 51 coups, cet excès est de 0^m25 avec la poudre d'Esquerdes, et de 0^m19 avec celle de Saint-Ponce.

Pour les pièces de 16 qui ont tiré à la charge de la moitié, et après 109 coups, cet excès est de 0^m35 avec la poudre d'Esquerdes et de 0^m41 avec celle de Saint-Ponce.

Enfin, pour les pièces de 16 qui ont tiré à la charge du tiers, et après 105 coups, l'excès est de 0^m54 avec la poudre d'Esquerdes et de 0^m26 avec

celle de Saint-Ponce. Il est juste d'observer que dans cette catégorie l'une des pièces qui ont tiré avec de la poudre d'Esquerdes, l'Éteignoir, s'est dégradée avec une rapidité plus grande que les autres canons qui ont servi aux expériences, et que la cause de sa plus prompte détérioration ne peut pas être uniquement attribuée à l'effet de la charge de poudre.

Quoi qu'il en soit, tous les chiffres que l'on vient de rapprocher sont exactement dans le même sens que ceux fournis par les pénétrations des boulets dans la muraille, et confirment la réalité du fait. Ils montrent aussi que deux poudres de même espèce peuvent être alternativement plus destructives l'une que l'autre du métal des bouches à feu, que cela dépend des circonstances dans lesquelles elles sont placées, et que la poudre qui, dans un cas donné, développe la plus grande puissance balistique, est en même temps la plus brisante.

Ces faits remarquables n'ont, il est vrai, que la valeur d'une expérience isolée, mais ils méritent d'être notés et conservés, car ils semblent indiquer que pour deux poudres, qui ne paraissent différer entre elles que par la densité gravimétrique, il y aurait une charge, entre celle de la moitié et celle du tiers, pour laquelle les effets seraient égaux.

Etoupilles fulminantes.

74. L'emploi des étoupilles fulminantes présente des avantages incontestables. Il dispense d'avoir du feu dans les batteries. Leur transport et leur maniement sont sans danger. L'effet en est plus assuré que celui des anciennes étoupilles et le coup part au commandement. Cependant l'étoupille fulminante actuelle exige une certaine adresse de la part de l'homme qui est chargé de la faire partir. Il arrive souvent, et surtout lorsque la lumière de la bouche à feu est évasée, que, par suite d'un faux mouvement, l'étoupille sort en partie de la lumière. Alors elle se courbe ou se brise en deux et le jet de flamme ne pénètre pas dans la lumière. Quelquefois même la tête de l'étoupille est arrachée et la friction du rugueux n'a pas lieu. Il serait facile de remédier à cet inconvénient et d'avoir des étoupilles dont le départ fût rendu indépendant de l'adresse du canonnier. M. Dambry a présenté une étoupille dont le chapeau d'une forme tronconique permettait de la forcer dans la lumière, quelque dégradée que fût celle-ci, et qui a donné de bons résultats.

Boulets.

75. Un très petit nombre de boulets a été brisé dans le cours des expériences. Ceux qui l'ont été

présentaient dans leurs fragments les formes particulières signalées par la Commission des principes du tir.

Dégradation des pièces.

76. Les dégradations produites par le tir dans les canons ont été peu considérables. D'ailleurs, aucune pièce n'a tiré 400 coups. L'excès moyen de diamètre au-dessus du calibre exact est compris entre 2 et 6 décimillimètres. Une seule pièce de 16, l'Eteignoir, a eu un refoulement moyen de plus d'un millimètre.

Dégradation des affûts.

77. Dans les affûts de siége, il n'y a eu, après la fin des expériences, que quelques boulons à resserrer. Ceux de 12 de campagne ont éprouvé quelques avaries plus graves. Trois étriers porte-écouvillons sur quatre ont été cassés. Deux essieux ont été dérangés de leur position. L'angle de tir n'a pas dépassé 9 degrés au-dessous de l'horizon et 6 degrés au-dessus.

Consommation totale en projectiles et en poudre.

78. Il a été tiré, dans les expériences de Bapaume, 1,144 coups de canon de 24, dont 208 à la charge de la moitié, 912 à celle du tiers et 24 à celle du

quart; 2,498 coups de canon de 16, dont 436 à la charge de la moitié et 2,062 à celle du tiers, et 1,017 coups de canon de 12 à la charge de 1k958 de poudre. C'est, au total, 4,659 coups de canon, représentant 39,814 kilogrammes de projectiles et 14,202 kilogrammes de poudre. Pour le même poids de fonte en boulets de 24, tirés à la charge de la moitié, comme cela avait généralement lieu dans le tir en brèche, il eût fallu 19,907 kilogrammes de poudre.

Conclusions et propositions.

79. Les conclusions qu'il est permis de tirer de l'ensemble des nombreuses expériences exécutées par l'artillerie sur les fortifications de Bapaume, ne sont applicables d'une manière absolue qu'à l'attaque des fortifications de même espèce, c'est-à-dire construites en maçonnerie de calcaire tendre avec revêtement en briques, ou entièrement en briques; mais ces conclusions acquièrent une grande importance par ce fait, que la plus grande partie des places fortes existantes reproduisent les conditions de résistance et l'espèce de matériaux que la Commission a rencontrés à Bapaume. On doit observer, en outre, que les résultats obtenus à Bapaume s'accordent, en général, avec ceux obtenus à Metz, en 1834 et 1844, sur des matériaux plus durs, et

même avec ceux obtenus à Constantine, en 1837, sur une maçonnerie d'une résistance que l'on considère comme un maximum.

Si donc les conclusions que la Commission croit pouvoir prendre ne sont pas d'une application tout à fait générale, il sera toujours facile de reconnaître le petit nombre de cas où les principes du tir en brèche, tels qu'elle les déduit de ses expériences et des expériences antérieures, auront besoin d'être modifiés, et dans quel sens ils devront l'être.

Charges.

80. La charge du tiers du poids du boulet est suffisante pour l'ouverture des brèches.

La conviction de la Commission est complète à cet égard; cependant elle reconnaît qu'il serait désirable que son opinion fût appuyée par des expériences directes faites sur les matériaux les plus résistants qu'il sera possible de rencontrer.

Ce ne serait, en effet, que dans le cas d'une maçonnerie présentant une résistance supérieure à celle des remparts de Constantine, et contre laquelle il faudrait tirer à une distance plus grande que celle du tir en brèche ordinaire, ou dans le cas d'un tir oblique aussi à une grande distance, qu'il pourrait devenir nécessaire d'avoir recours à la charge de la moitié du poids du boulet.

C'est donc sous cette réserve que la Commission conclut à l'adoption de la charge du tiers du poids du boulet comme charge habituelle du tir en brèche, et à la suppression de la charge de la moitié, qui, indépendamment de l'accroissement de la consommation de poudre, détériore plus rapidement les bouches à feu, les affûts et les batteries, produit un grand recul, contraint à donner un poids considérable aux canons, et rend le service plus pénible.

Calibres.

81. Les expériences de Metz avaient déjà montré que les deux calibres de siége, 24 et 16, avaient sensiblement les mêmes effets sur de bonnes maçonneries moyennes, qu'il fallait avec ces deux calibres la même quantité de projectiles en poids pour l'ouverture des brèches, mais que le calibre de 24 avait un avantage sur le 16 sous le rapport de la durée de l'opération.

Les expériences de Bapaume ont pleinement confirmé ces résultats et ont appris de plus qu'on les obtenait encore avec le calibre de 12 de campagne.

Ainsi, dans des maçonneries analogues à celles de Bapaume, et dans les conditions ordinaires du tir en brèche, il faut sensiblement le même poids de projectiles pour ouvrir une brèche, quel que soit celui des trois calibres qu'on emploie, 24, 16 ou 12. Le 24 ébranle davantage les maçonneries, mais

le 12 les coupe mieux, et le 16 participe des avantages et des inconvénients des deux autres.

Sous le rapport du temps nécessaire à l'opération, l'avantage est au calibre le plus fort, puisqu'il y a moins de coups de canon à tirer; mais cet avantage est en partie compensé par la rapidité de la manœuvre, qui est d'autant plus grande que la pièce est moins lourde. Les temps nécessaires pour faire une brèche praticable avec les calibres de 24, de 16 et de 12, sont entre eux comme les nombres 5, 6 et 7.

Les circonstances détermineront le choix du calibre qu'il conviendra d'employer dans une batterie de brèche; mais parmi les considérations qui pourront influer sur la composition d'un équipage de siége, il faudra se rappeler que le calibre de 24 a l'avantage sur les calibres plus petits contre les maçonneries très dures, que seul il produit de bons effets dans le tir à ricochet, qu'il permet aussi, à la rigueur, dans cette circonstance, de tirer des obus, et qu'enfin, produisant un effet déterminé avec un nombre de coups plus petit que les autres calibres, il épargne du temps et par conséquent des hommes.

Distance du tir.

82. Les exemples des brèches obliques exécutées à des distances de 119 et de 159 mètres avec des pièces de 16, aussi facilement qu'elles l'eussent été

en tir direct par des batteries placées sur le couronnement du chemin couvert, l'exemple de la batterie de 24 n° 13 détruisant un flanc casematé à une distance de 301 mètres, enfin celui de la brèche de Constantine, commencée à 550 mètres et terminée à 150, avec des pièces de 24 tirant à la charge du tiers, permettent de conclure que l'on pourra sans inconvénients, dans les cas ordinaires, et lorsque la disposition des localités le permettra, entreprendre l'exécution des brèches à 200 mètres avec le calibre de 16 et à 300 mètres avec celui de 24, sans rien préjuger pour de plus grandes distances.

Obliquité du tir.

83. Cette question, l'une des plus importantes de celles qui ont été abordées par la Commission, ne peut point être considérée comme suffisamment étudiée. La Commission des principes du tir avait été conduite, par quelques observations de l'effet que des boulets rencontrant une muraille sous un angle d'environ 25 degrés produisent sur la maçonnerie, à penser qu'il serait possible d'exécuter une brèche complète en tir oblique. Ces prévisions de la Commission des principes du tir ont été justifiées par les expériences de Bapaume. Ces expériences, en montrant avec quelle facilité on fait brèche dans des maçonneries de résistance moyenne, lorsqu'on les attaque sous un angle de

25 degrés au plus et à des distances triples ou quadruples des distances ordinaires du tir en brèche, donnent lieu de penser aujourd'hui que ce nouveau mode de tir, loin d'avoir une utilité restreinte à quelques cas très exceptionnels, pourrait être susceptible, au contraire, d'applications étendues, et qu'il mérite par conséquent d'être l'objet de nouvelles études.

Sans parler des avantages particuliers que ce mode de tir paraît avoir, dans certaines limites, sur le tir direct, quant aux effets des projectiles sur la muraille et sur l'exécution de la brèche en général, il suffit de remarquer, qu'en employant le tir oblique on s'affranchira, dans beaucoup de cas (1), de la nécessité absolue de placer les batteries de brèche sur la crète des chemins couverts des faces du bastion à battre et parallèlement à ces faces, c'est-à-dire, dans une position nécessairement indiquée d'avance, contre laquelle la défense a organisé tous les moyens qui lui restent, et dans laquelle on a fort à redouter l'effet des coups de mousqueterie dirigés à travers les embrasures; que l'emplacement le plus convenable pour une batterie de brèche oblique dirigée contre une face de bastion se rapprocherait de la capitale

(1) Il est bien entendu qu'on ne raisonne point ici dans le cas d'une place régulièrement fortifiée et dont toutes les maçonneries sont bien couvertes.

de ce bastion et par conséquent d'un point qui serait moins en prise aux feux de flanc ; que vis-à-vis de certaines places, sises en pays accidenté, et insuffisamment défilées, il serait possible de faire brèche à distance, en profitant de quelque mamelon négligé parce qu'il ne pouvait voir les faces d'ouvrage que sous un angle aigu ; que toutes choses égales d'ailleurs, les batteries obliques ont sur les batteries directes l'avantage de mieux découvrir le fond du fossé et le pied des brèches, ce qui, quelquefois, peut être très important ; enfin que vis-à-vis quelques places modernes, où les ingénieurs ont cru trouver un remède à l'infériorité reconnue de la défense, en accumulant les étages de casemates de manière à rendre impossible l'établissement d'une batterie directe, il sera, la plupart du temps, possible de trouver un emplacement pour asseoir une batterie de brèche oblique en dehors du champ de tir des embrasures des casemates, et qui par conséquent pourra impunément raser toutes ces embrasures par un tir d'écharpe.

Par ces diverses considérations, et par l'examen des faits déjà constatés, la Commission pense qu'il est d'un grand intérêt de continuer l'étude du tir en brèche oblique et de rechercher quelles seraient, pour les différents calibres tirant à la charge du tiers du poids des projectiles, les limites inférieures de l'angle sous lequel on peut attaquer les revêtements de diverse nature, et surtout les limites

supérieures de la distance où ce mode de tir cesse d'être efficace.

Elle conclut provisoirement, et pour des revêtements du genre de ceux de Bapaume :

1° Qu'on peut, avec certitude de succès, employer le tir oblique jusque sous un angle de 20 à 25 degrés, et jusqu'à des distances de 160 mètres, avec le calibre de 16, et de 260 mètres avec celui de 24;

2° Que, sous de tels angles et à de telles distances, l'exécution des brèches étant encore assez facile, il sera avantageux, quand on le pourra, de placer les batteries de brèche près des capitales des bastions, de manière à battre les faces de ces ouvrages sous un angle de 50 à 60 degrés, et à une distance moyenne d'environ 80 mètres.

Tir contre des casemates.

84. Toute casemate que l'artillerie peut découvrir et dont les embrasures sont en maçonnerie, est mise hors d'état de répondre après un très petit nombre de coups. A 300 mètres de distance, il suffit, pour obtenir ce résultat sur deux casemates, de 80 coups de canon de 24, tirés à la charge du tiers.

Méthode de l'exécution des brèches, complétée d'après les expériences de Bapaume.

85. Pour faire brèche à une face d'ouvrage avec une batterie de brèche ordinaire, c'est-à-dire établie dans le couronnement du chemin couvert de cette face, ou dans le chemin couvert lui-même, on déterminera l'emplacement de cette batterie de manière que les lignes de tir des pièces fassent avec le revêtement un angle, mesuré dans le plan horizontal, compris entre 50 degrés et 90 degrés. Cet angle devra être d'autant plus ouvert que la maçonnerie sera plus dure. On évitera, autant que possible, de placer la batterie tout à fait parallèlement à la face à battre. Le point essentiel est d'avoir une direction de tir telle que les boulets ne ricochent pas. Dans la plupart des cas, l'emplacement qui répondra le mieux aux conditions du tir en brèche sera près du saillant du chemin couvert de l'ouvrage, d'où les pièces verront les faces de cet ouvrage sous un angle d'environ 60 degrés, et à bonne distance de tir. Cette position n'exigera pas, d'ailleurs, pour l'établissement de la batterie, plus de mouvements de terre à faire, que toute autre position sur le couronnement du chemin couvert.

La hauteur la plus convenable pour la position de la tranchée horizontale est le tiers de la hauteur totale de l'escarpe, à partir de son pied. Cette hau-

teur est très suffisante pour que les matériaux placés au-dessus forment par leur éboulement une rampe continue recouverte partout d'environ un mètre de terre ; elle est, d'un autre côté, assez considérable pour que la tranchée horizontale ne soit point obstruée, avant la chute du revêtement, par les débris qui s'accumulent au pied du mur. Cette position est d'ailleurs visible, dans la plupart des cas, d'une batterie placée sur le couronnement du chemin couvert. Dans les circonstances exceptionnelles où cette hauteur du tiers ne serait point visible de la batterie, on pourra relever la position de la tranchée horizontale jusqu'à la moitié de la hauteur totale du revêtement. On déterminera encore à cette hauteur la chute d'assez de matériaux pour rendre la brèche praticable.

La position de la tranchée horizontale étant déterminée, pour faire une brèche de 20 mètres de largeur avec une batterie de 4 canons, sous un angle tel que tous les boulets pénètrent, on suivra la marche ci-après :

Après avoir partagé idéalement l'étendue de la brèche en quatre parties égales correspondant à chacune des pièces de la batterie, on appuyera toutes les pièces à la fois vers l'une des extrémités de leur champ de tir particulier, vers la gauche, par exemple, et l'on tirera une salve, coup pour coup, dans cette position. On ramènera ensuite les pièces vers la droite, d'une quantité proportionnelle

aux effets de leurs calibres, c'est-à-dire, ainsi que l'avait déterminé la Commission des principes du tir, d'environ 1^{m}25 pour les canons de 24, et d'un mètre pour ceux de 16. Si l'on emploie le calibre de 12, cette distance devra être de 80 à 85 centimètres. On tirera une seconde salve dans cette position, et l'on continuera d'appuyer les pièces vers la droite de leur champ de tir, de quantités égales à celles que l'on vient d'indiquer, jusqu'à ce que la tranchée horizontale soit complétement tracée par une série de trous régulièrement espacés. D'après ce qui précède, ce nombre de trous sera de 16, avec le calibre de 24, de 20 avec le calibre de 16, et de 24 avec celui de 12.

Après avoir ainsi tracé la tranchée horizontale, on pointera encore les pièces à un demi-intervalle sur la droite des derniers coups tirés, puis on les ramènera successivement vers la gauche de leur champ de tir, en pointant au milieu des intervalles de la première série de boulets. La tranchée horizontale sera alors marquée par un nombre de trous double de ceux formés dans la première série, et les intervalles qui les sépareront, réduits à 62 centimètres pour le 24, 50 pour le 16, et 42 pour le 12, seront déjà en partie tombés, ou du moins ébranlés et désagrégés, surtout si l'angle d'incidence des boulets est peu ouvert.

On continuera alors le feu des pièces dans leur champ de tir propre, en les pointant sur toutes les

parties saillantes : cependant, il pourrait se présenter certains cas où le nettoiement de la tranchée horizontale se ferait plus vite en croisant le feu des pièces, de manière que la section de droite de la batterie dirige le sien sur la section de gauche de la brèche et réciproquement; car, au moyen de ce tir biais, on recouperait en travers les entonnoirs formés par les premiers boulets, au lieu de piler des débris au fond des trous déjà formés.

Quelle que soit la marche que l'on suive, on ne devra pas craindre de pousser trop loin l'approfondissement de la tranchée horizontale. L'expérience a démontré que la chute du revêtement et la perfection des brèches dépendent beaucoup de la perfection de cette tranchée. Plus la tranchée horizontale est profonde, et plus le poids du massif en surplomb tend à écraser les assises qui le retiennent vers les extrémités de la brèche, ce qui diminue le travail de l'exécution des tranchées verticales ; plus aussi décroît l'épaisseur de la partie de la face postérieure du revêtement, retenue par l'adhérence des contre-forts, ce qui diminue le travail ultérieur du nettoiement de la brèche.

Le meilleur indice qui puisse servir à reconnaître le moment où la tranchée horizontale est suffisamment approfondie, c'est l'écoulement des terres du rempart qui avertissent que le revêtement a été traversé. Mais cet indice manque quelquefois. Il en a été ainsi à Bapaume, où les revêtements avaient

une très grande épaisseur, et où les terres étaient fortes. A défaut de ce renseignement, on pourra se laisser guider par la hauteur où se trouve la tranchée horizontale au-dessus du fond du fossé. Lorsqu'elle paraîtra avoir une profondeur égale à sa hauteur au-dessus du fond du fossé, on pourra considérer cette tranchée comme assez avancée pour que l'on se propose de passer à l'exécution des tranchées verticales.

En règle générale, deux tranchées verticales tracées chacune sur une des extrémités de la tranchée horizontale, de manière à isoler dans son entier le bloc de maçonnerie qu'on veut détacher, sont suffisantes. Les tranchées verticales intermédiaires ont l'inconvénient de diminuer le poids du massif découpé, de diminuer ainsi l'action de ce poids et d'obstruer de débris la tranchée horizontale et le milieu de la brèche, ce qui peut quelquefois avoir de graves inconvénients en arrêtant, lors de la chute du revêtement, des blocs de maçonnerie à une hauteur où ils ne peuvent pas être recouverts par la terre du parapet. On ne devra donc faire de tranchées verticales intermédiaires que dans des cas exceptionnels, dans ceux, par exemple, de maçonneries dont les matériaux auraient entre eux une grande adhérence et où les contre-forts auraient avec le revêtement une liaison qu'on ne pourrait pas détruire autrement, mais qui n'existe pas habituellement.

Le mode d'exécution des tranchées verticales a été indiqué par la Commission des principes du tir, ainsi que celui de la tranchée horizontale avec lequel il a de l'analogie. On développe ici ce mode d'exécution.

Les tranchées verticales seront commencées par le bas et dans la tranchée horizontale elle-même, c'est-à-dire qu'il faudra d'abord les ouvrir au pied et dégager complétement l'angle formé par la rencontre de la tranchée verticale avec la tranchée horizontale, parce que les débris qui vont s'accumuler sur ce point ne permettraient plus d'y revenir. On tirera ensuite un boulet à 1^m25 au-dessus de ce point, si l'on se sert du calibre de 24, à 1^m00, si l'on emploie le 16, et à 80 ou 85 centimètres, si c'est du 12. Le second boulet sera tiré au milieu de l'intervalle compris entre le premier et la tranchée horizontale, et l'on continuera de tirer sur les points saillants de cette amorce de tranchée jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à sa profondeur. Ce n'est qu'alors qu'on entreprendra une nouvelle amorce de la tranchée, en suivant les règles énoncées ci-dessus.

En suivant cette marche dans des maçonneries d'une résistance moyenne, comme celles de Bapaume, il est rare qu'on soit obligé de monter les tranchées verticales plus haut que la moitié de l'espace compris entre le cordon et la tranchée horizontale. Si, cependant, il arrivait que, les tranchées

verticales étant montées jusqu'au cordon, le revêtement ne parût pas prêt à se renverser, il faudrait tirer par salve, c'est-à-dire les quatre pièces au même commandement, dans la tranchée horizontale, et surtout vers les extrémités de cette tranchée, pour déterminer l'éboulement du massif. Si, enfin, ce moyen ne suffisait pas, il faudrait avoir recours à la formation d'une ou de deux tranchées verticales intermédiaires, en revenant de temps en temps au tir par salve dans la tranchée horizontale.

Quand on ne fait que deux tranchées verticales, chacune d'elles doit être exécutée par la section de deux bouches à feu, qui est devant elle. Quand on en fait plus de deux, on devra répartir les pièces suivant le nombre des tranchées, mais en observant toujours qu'il est essentiel que les tranchées verticales extrêmes marchent de front et soient à chaque instant au même degré d'avancement, pour éviter des chutes d'escarpe irrégulières. Elles devront aussi être montées plus vite que les tranchées intermédiaires.

La chute du revêtement entraîne habituellement celle des terres du parapet jusqu'au milieu de la plongée, et laisse à découvert les parties supérieures des contre-forts auxquels restent attachées quelques parties de la face postérieure du mur, surtout vers les extrémités de la brèche.

Quand les terres sont très fortes, comme à Bapaume, il ne tombe que celles qui reposaient im-

médiatement sur le revêtement, et le reste forme une nouvelle escarpe dans laquelle on n'aperçoit que les racines des contre-forts.

Dans l'un et l'autre cas, si le tir est presque direct, le mieux est de croiser le feu des sections de la batterie, comme on l'a dit plus haut, afin d'attaquer les contre-forts d'écharpe. On doit, d'ailleurs, tirer aussi bas que possible, c'est-à-dire au sommet de l'éboulement des terres, en relevant successivement le pointage, à mesure que cet éboulement augmente.

On suivra une marche analogue après la disparition de tous les restes de maçonnerie, pour saper les terres. L'effet des boulets est suffisant, même dans des terres très fortes, pour faire tomber le parapet et achever la brèche.

La marche à suivre dans l'exécution des brèches très obliques ne diffère de celle qui vient d'être tracée pour les batteries ordinaires que dans la manière d'ouvrir la tranchée horizontale.

Dans une brèche oblique, et l'on entend ici sous cette désignation les brèches exécutées sous un angle tel que les boulets puissent ricocher sur le revêtement au lieu d'y pénétrer, on devra, pour l'ouverture de la tranchée horizontale, employer l'une des deux méthodes suivantes :

Si les chances du ricochet sont peu considérables, on dirigera d'abord chaque pièce sur le point de son champ de tir propre le plus rapproché de la

batterie, et l'on tirera ainsi une première salve. Les pièces seront ensuite pointées sur ces premiers trous, de manière à les allonger et à les approfondir dans le sens de la tranchée horizontale, et l'on continuera de la même manière jusqu'à ce que ces quatre ouvertures se rejoignent et n'en forment plus qu'une seule.

Si le revêtement est dur et que l'on craigne de perdre trop de boulets par le ricochet, on pointera d'abord les quatre pièces sur l'extrémité de la tranchée horizontale la plus rapprochée de la batterie, et l'on commencera le feu par la pièce extérieure qui voit le point à battre sous l'angle le plus ouvert possible. Ce premier trou sera ensuite agrandi par les boulets des deuxième, troisième et quatrième pièces. Les salves suivantes seront pointées de manière à allonger et à approfondir cette première excavation, et l'on continuera la même marche jusqu'à ce que la tranchée horizontale ait atteint la longueur que l'on veut lui donner.

Pour obtenir avec des batteries obliques une brèche de 20 mètres de largeur, il conviendra de donner à la tranchée horizontale un peu plus de 20 mètres de longueur, en l'allongeant du côté de la batterie, parce que de ce côté la muraille ne peut être coupée que suivant un plan parallèle au plan de tir.

Il sera aussi utile d'incliner la tranchée verticale de ce côté, de façon que la brèche ait plus d'ouverture par le haut que par le bas, afin de mieux voir

le haut de la brèche après la chute du revêtement.

Sauf les particularités que l'on vient de signaler, tous les principes généraux qu'on a posés sur l'exécution des brèches ordinaires, sont applicables à l'exécution des brèches en tir oblique, en en exceptant, bien entendu, ce qui a été dit de l'avantage qu'on peut retirer, en certains cas, du croisement des feux des pièces, croisement qui serait sans objet dans un tir oblique.

Les mêmes principes sont encore applicables à l'exécution des brèches dans des faces d'ouvrages casematées ou avec revêtements en décharge. La disposition ordinaire des ouvrages casematés indique, d'ailleurs, qu'on devra, toutes les fois qu'on le pourra, ouvrir la tranchée horizontale à la hauteur des plongées des embrasures de casemates, lorsque cette ligne se trouvera placée plus bas que le milieu de la hauteur totale du revêtement. Quant aux tranchées verticales, on ne devra jamais les tracer vis-à-vis des pieds-droits qui séparent les casemates. Dans ce genre de brèches, il sera toujours préférable d'employer le tir oblique, plus efficace que le tir direct, contre les joues d'embrasures et les pieds-droits, et l'on devra chercher à placer la batterie de manière qu'elle se trouve en dehors du champ de tir des embrasures de casemates.

Le déblaiement d'une brèche par une mine fougasse a pour effet de replacer cette brèche au point

où elle était après la chute du revêtement, moins les débris, et il faut, pour la rendre de nouveau praticable, sensiblement le même nombre de boulets et le même temps qu'on avait employés pour la terminer la première fois. Cependant ceci ne doit être entendu que pour le cas où la batterie est directe ou très peu oblique. Dans le cas d'une obliquité trop prononcée, il deviendrait difficile de rétablir la brèche avec la même batterie, parce que celle-ci ne verrait plus le fond de la brèche. Il faudrait alors ou rapprocher la batterie, ou élargir la brèche de son côté.

Cet inconvénient que présentent les batteries très obliques est compensé par un avantage. Quand une brèche est déblayée par la mine, la direction que prennent les débris est perpendiculaire à la face de l'ouvrage, et une grande partie des matériaux projetés s'abat dans la batterie, si celle-ci est directe ou presque directe, l'écrase et la met hors de service, au moins pour douze heures, puisqu'il faudrait attendre la nuit pour la nettoyer et la rétablir. Ce délai donnerait aux assiégés le temps d'entreprendre ou d'achever un retranchement intérieur. Rien de semblable ne se produirait avec une batterie assez oblique pour qu'aucune de ses parties ne se trouvât sur le passage du cône de matériaux projetés par la fougasse. Ainsi, une batterie de brèche, placée à cheval sur le saillant du chemin couvert d'un bastion, pour battre une

des faces de ce bastion, pourrait continuer immédiatement son feu et poursuivre l'exécution d'une brèche que la mine viendrait de déblayer.

L'ouverture des tranchées qui limitent une brèche s'exécute facilement et d'une manière suffisamment régulière pendant la nuit, si l'on a eu soin, pendant le jour, de pointer chaque pièce sur les limites de son champ de tir propre, et de repérer les positions extrêmes qu'elle peut prendre. Les positions intermédiaires seront ensuite facilement obtenues au moyen de divers appareils connus. Pour les opérations qui suivent la chute du revêtement, on devra attendre le jour.

RÉCAPITULATION GÉNÉRALE.

Les expériences exécutées à Bapaume ont eu pour résultat :

1° De constater d'une manière définitive l'efficacité du mode d'exécution des tranchées de brèche proposé par la Commission de l'établissement des principes du tir ;

2° De reconnaître, avec la même Commission, que la hauteur la plus convenable à donner à la tranchée horizontale est celle du tiers de la hauteur totale de l'escarpe, et que, lorsque les circonstances l'exigeront, on pourra élever la position de

cette tranchée jusqu'à la moitié de la hauteur du revêtement;

3° De s'assurer que, pour des maçonneries en briques et moellons tendres du genre de celles de Bapaume, on peut se borner à ouvrir deux tranchées verticales aux extrémités de la brèche;

4° De reconnaître, après Vauban, qu'il est avantageux, lorsque le revêtement est tombé, de croiser le feu des pièces pour saper les contre-forts et terminer la brèche;

5° De constater que l'on peut aisément et promptement terminer les brèches avec des boulets, même lorsque les terres du parapet sont très fortes, ce qui dispensera d'avoir recours à l'opération difficile et dangereuse du remplacement des canons par des obusiers;

6° De vérifier la justesse des conclusions de la Commission de Metz sur l'efficacité relative des calibres de 24 et de 16, et d'étendre ces conclusions au calibre de 12 de campagne;

7° De prouver que la charge du tiers du poids du boulet est suffisante, avec chacun des trois calibres employés, pour ouvrir une brèche aux revêtements de la plupart des places fortes, ce qui pourrait conduire à alléger les pièces de 24;

8° De prouver que les ouvrages voûtés ou casematés ne peuvent pas opposer une longue résistance à un calibre de siége, et de donner les moyens de les détruire;

9° D'agrandir considérablement les moyens de l'attaque, en montrant le parti qu'on peut tirer des batteries et des feux obliques ;

10° De constater que l'ouverture des brèches peut facilement s'exécuter pendant l'obscurité de la nuit ;

11° De reconnaître que, jusqu'à 300 mètres de distance, la précision du tir de l'artillerie actuelle permet de suivre avec exactitude tous les détails de l'exécution des brèches.

On peut donc répéter, comme conclusion générale, cette assertion de Vauban : « Avec le canon, on fait la brèche où l'on veut, quand on veut, et telle qu'on la veut. »

PIÈCES ANNEXÉES AU RAPPORT.

TABLEAU N° 1. (BATTERIE N° 1.)

Dimensions des entonnoirs formés par les boulets de 24 tirés à la charge de la moitié

Numéros des salves.	POUDRE D'ESQUERDES.								POUDRE DE SAINT-PONCE.							
	CAMBACÉRÈS.				LANGUISSANT.				COLONEL.				COLOSSE.			
	Diamètres des bases du tronc de cône.		Hauteur du tronc de cône.	Enfoncement total.	Diamètres des bases du tronc de cône.		Hauteur du tronc de cône.	Enfoncement total.	Diamètres des bases du tronc de cône.		Hauteur du tronc de cône.	Enfoncement total.	Diamètres des bases du tronc de cône.		Hauteur du tronc de cône.	Enfoncement total.
	Grande.	Petite.			Grande.	Petite.			Grande.	Petite.			Grande.	Petite.		
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
1	0.51	0.29	0.20	1.24	0.50	0.23	»	1.48	»	0.22	»	1.15	0.63	0.25	0.28	1.65
2	0.50	0.23	0.20	1.09	0.40	0.22	»	1.19	0.45	0.23	»	1.30	0.66	0.26	0.26	1.39
3	0.48	0.23	»	0.91	0.50	0.20	»	0.80	0.50	0.23	»	1.05	0.80	0.28	0.30	1.15
4	0.48	0.30	»	1.30	0.43	0.23	»	1.17	0.50	0.22	0.23	1.19	0.55	0.28	0.28	1.38
moy.	0.50	0.26	0.20	1.13	0.46	0.22	»	1.16	0.48	0.22	0.23	1.17	0.66	0.27	0.28	1.39

TABLEAU N° 2.

Pénétrations des boulets de 24, tirés à la charge de la moitié, dans les intervalles de la première série de coups.

5	»	»	»	1.40	»	»	»	1.65	»	»	»	1.03	»	»	»	2.60
6	»	»	»	1.38	»	»	»	1.85	»	»	»	1.35	»	»	»	1.70
7	»	»	»	1.47	»	»	»	1.53	»	»	»	1.40	»	»	»	1.80
8	»	»	»	1.45	»	»	»	1.44	»	»	»	1.40	»	»	»	1.48
moy.	»	»	»	1.42	»	»	»	1.62	»	»	»	1.27	»	»	»	1.89

TABLEAU N° 3. (BATTERIE N° 2.)

Dimensions des entonnoirs formés par les boulets de 24 tirés à la charge du tiers.

NUMÉROS DES SALVES.	POUDRE D'ESQUERDES. ASSIÉGEANT. DIAMÈTRES des bases du tronc de cône. Grande.	Petite.	Hauteur du tronc de cône.	Enfoncement total.	DESTRUCTEUR. DIAMÈTRES des bases du tronc de cône. Grande.	Petite.	Hauteur du tronc de cône	Enfoncement total.	POUDRE DE SAINT-PONCE. AGRESSEUR. DIAMÈTRES des bases du tronc de cône. Grande.	Petite.	Hauteur du tronc de cône.	Enfoncement total.	DÉSASTREUX. DIAMÈTRES des bases du tronc de cône. Grande.	Petite.	Hauteur du tronc de cône.	Enfoncement total.
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt
1	0.52	0.25	0.24	1.00	0.50	0.27	0.28	0.85	0.54	0.29	0.27	0.93	0.58	0.27	0.26	1.4
2	0.54	0.28	0.38	1.35	0.52	0.25	0.32	1.35	0.50	0.28	0.30	1.38	0.46	0.27	0.24	1.2
3	0.48	0.32	0.38	1.15	0.52	0.27	0.28	1.37	0.60	0.32	0.27	1.19	0.52	0.28	0.29	1.0
4	0.48	0.26	0.27	1.35	0.55	0.24	0.30	1.36	0.38	0.20	0.12	»	0.48	0.32	0.20	1.4
moye.	0.50	0.28	0.32	1.21	0.52	0.26	0.29	1.24	0.50	0.27	0.24	1.17	0.51	0.29	0.25	1.2

TABLEAU N° 4.

Pénétrations des boulets de 24, tirés à la charge du tiers, dans les intervalles de la première série de coups.

5	»	»	»	1.25	»	»	»	1.50	»	»	»	1.35	»	»	»	1.3
6	»	»	»	1.45	»	»	»	1.24	»	»	»	1.35	»	»	»	1.2
7	»	»	»	1.80	»	»	»	»	»	»	»	1.38	»	»	»	1.2
8	»	»	»	1.55	»	»	»	1.38	»	»	»	1.26	»	»	»	1.2
moye.	»	»	»	1.51	»	»	»	1.37	»	»	»	1.33	»	»	»	1.2

TABLEAU N° 5.

Relèvement de la tranchée horizontale après 80 coups.

ABSCISSES. . .	0 m.	1 m.	2 m.	3 m.	4 m.	5 m.	6 m.	7 m.	8 m.	9 m.	10 m	11 m	12 m	13
ORDONNÉES. .	1.18	1.53	2.03	1.30	0.80	1.00	1.74	1.01	2.40	1.50	1.40	1.12	1.60	3.7

ABSCISSES. . .	14 m	15 m	16 m	17 m	18 m	19 m	20 m
ORDONNÉES. .	1.50	1.48	3.95	1.76	1.45	1.60	0.65

TABLEAU N° 6. (BATTERIE N° 3.)

Pénétrations des boulets de 16, tirés obliquement à la charge de la moitié.

POUDRE D'ESQUERDES.								POUDRE DE SAINT-PONCE.							
MÉLODIEUX.				MÉLANCOLIQUE.				MÉROWINGIEN.				MONARQUE.			
DIAMÈTRE du trou		PROFONDEUR du trou		DIAMÈTRE du trou		PROFONDEUR du trou		DIAMÈTRE du trou		PROFONDEUR du trou		DIAMÈTRE du trou		PROFONDEUR du trou.	
horizontal.	vertical.	perpendiculaire au parement.	dans le sens du tir.	horizontal.	vertical.	perpendiculaire au parement.	dans le sens du tir.	horizontal.	vertical.	perpendiculaire au parement.	dans le sens du tir.	horizontal.	vertical.	perpendiculaire au parement.	dans le sens du tir.
mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
.65	0.65	0.31	»	1.90	0.85	0.50	»	2.70	0.90	0.80	1.28	2.70	1.30	0.95	1.33
.55	0.90	0.40	»	1.85	1.15	0.42	0.28	2.30	1.00	0.65	»	3.00	1.40	0.45	0.55
.55	0.90	0.35	»	1.65	1.00	0.34	»	2.80	1.10	0.42	»	3.20	1.00	0.42	»
.03	0.75	0.45	»	1.30	0.65	0.35	»	2.80	0.80	0.50	»	4.00	0.85	0.45	»
.67	0.80	0.38	»	1.67	0.91	0.40	»	2.65	0.95	0.59	»	3.22	1.14	0.57	0.94

TABLEAU N° 7.

Pénétrations des boulets de la cinquième salve.

.20	1.50	0.55	0.50	3.50	1.20	0.80	0.53	3.85	1.25	0.85	0.83	1.65	0.75	0.40	»

TABLEAU N° 8.

Relèvement de la tranchée horizontale après 85 coups.

sses. . .	0 m.	1 m.	2 m.	3 m.	4 m.	5 m.	6 m.	7 m.	8 m.	9 m.	10 m	11 m	12 m	13 m
nnées. .	0	0.50	0.50	1.10	1.20	1.28	1.55	1.20	0.95	1.04	1.25	1.26	1.60	1.25

Abscisses. . .	14 m	15 m	16 m	17 m	18 m	19 m	20 m	21 m	21 m.75
Ordonnées. .	1.28	1.70	1.60	1.15	1.26	1.25	1.65	1.65	0

TABLEAU N° 9. (BATTERIE N° 4.)

Relèvement de la tranchée horizontale après chacune des cinq premières salves.

1re SALVE.				2e SALVE.				3e SALVE.				4e SALVE.				5e SALVE.			
DIAMÈTRES du trou.		PROFONDEURS du trou.		DIAMÈTRES du trou.		PROFONDEURS du trou.		DIAMÈTRES du trou.		PROFONDEURS du trou.		DIAMÈTRES du trou.		PROFONDEURS du trou.		DIAMÈTRES du trou.		PROFONDEURS du trou.	
horizontal.	vertical.	perpendiculaire au parement.	dans le sens du tir.	horizontal.	vertical.	perpendiculaire au parement.	dans le sens du tir.	horizontal	vertical.	perpendiculaire au parement.	dans le sens du tir.	horizontal.	vertical.	perpendiculaire au parement.	dans le sens du tir.	horizontal.	vertical.	perpendiculaire au parement.	dans le sens du tir.
m. 3.05	m. 1.20	m. 0.62	m. 0.38	m. 3.60	m. 1.35	m. 0.75	m. 0.40	m. 3.60	m. 2.05	m. 1.25	m. 1.43	m. 5.20	m. 2.05	m. 1.25	m. 0.93	m. 5.35	m. 2.05	m. 1.65	m. 1.25

TABLEAU N° 10.

Relèvement de la tranchée horizontale après 136 coups.

ABSCISSES. .	0 m.	1 m.	2 m.	3 m.	4 m.	5 m.	6 m.	7 m.	8 m.	9 m.	10m	11 m	12 m	13 m	14 m	15 m	16 m	17 m	18 m	19 m	19.50
ORDONNÉES.	0	0.55	1.02	1.60	1.60	2.01	2.10	1.94	1.85	2.00	1.75	1.40	1.40	1.10	1.25	1.60	1.05	1.10	1.15	1.12	0

Imp. de G. GRATIOT, 11, rue de la Monnaie.

DE LA GUERRE

PAR

LE GÉNÉRAL CHARLES DE CLAUSEWITZ,

Traduction de M. le major d'artillerie NEUENS.

DISPOSITION GÉNÉRALE DE L'ARMÉE.

Entre l'instant du premier rassemblement des forces armées et celui où le dénoûment est mûr, où la stratégie conduit l'armée au point décisif, et où la tactique assigne à chaque partie sa place et son rôle, il existe ordinairement un grand intervalle. Il en est de même d'une catastrophe décisive à l'autre.

Jadis ces intervalles n'appartenaient en quelque sorte pas à la guerre. On n'a qu'à voir comment le maréchal de Luxembourg campait et marchait. Nous citons ce général parce qu'il est devenu fameux par ses camps et ses marches, et peut passer pour le représentant de son époque. D'ailleurs, l'*Histoire de la Flandre militaire* nous en apprend plus sur son

compte que nous n'en savons des autres généraux de ce temps.

Le camp était régulièrement adossé tout contre une rivière, un marais ou une vallée profonde, disposition qui aujourd'hui paraîtrait le comble de la folie. La direction dans laquelle se trouvait l'ennemi, avait si peu d'influence sur le choix du front de bandière, qu'il y a des cas nombreux où nous voyons l'armée tourner le dos à l'ennemi et faire face vers son propre territoire. Ce procédé, qui est sans exemple aujourd'hui, n'est absolument explicable que lorsqu'on suppose le choix du camp basé principalement et même presque exclusivement sur la commodité des troupes. L'état des troupes campées était donc un état en dehors de la guerre, une sorte de disparition derrière la coulisse, où l'on n'a pas besoin de se gêner. Le soin qu'on prenait d'appuyer toujours le dos à un obstacle, doit passer pour l'unique mesure de sûreté qu'on prît, et encore ne l'était-ce que dans le système de guerre d'alors; car une telle position ne s'accorde nullement avec l'hypothèse qu'on puisse s'y voir forcé à un combat. Mais cette éventualité était peu à redouter alors, parce que les combats dépendaient d'une sorte d'entente mutuelle; on se donnait rendez-vous comme pour un duel. Les armées ne pouvaient pas combattre sur un champ de bataille quelconque, en partie à cause de la raideur incommode de leur ordre de bataille, en partie à cause de leur nombreuse cavalerie, qui au

déclin de sa splendeur était encore considérée comme l'arme principale, surtout chez les Français. Il résulte de là que dans un terrain coupé, une armée se trouvait comme sous la protection d'une zône neutre ; et comme on ne savait pas tirer grand parti des coupures naturelles du terrain, on préférait aller à la rencontre de l'ennemi qui venait chercher la bataille. Nous savons fort bien que ce sont précisément les batailles du maréchal de Luxembourg, à Fleurus, à Steinkerke et à Neerwinden, qui commencent à révéler un autre esprit ; mais cet esprit s'éloignait alors de l'ancienne méthode sous ce grand général, quoiqu'il n'eût pas encore réagi sur la manière de camper. Les modifications dans l'art de la guerre prennent toujours leur origine dans les actes les plus importants, et se propagent ensuite graduellement aux autres. *Il va à la guerre,* disait-on alors du partisan qui sortait du camp pour observer l'ennemi, et cette expression prouve assez combien on était loin de considérer l'état de l'armée campée comme un état de guerre, c'est-à-dire comme impliquant la possibilité incessante du combat.

Les marches ne présentaient pas une grande différence sous ce rapport ; l'artillerie se séparait entièrement de l'armée pour choisir des routes meilleures et plus sûres, et les ailes de cavalerie changeaient ordinairement de place entre elles ; il leur fallait bien alternativement l'*honneur de marcher à l'aile droite.*

Actuellement, c'est-à-dire surtout depuis la guerre

de Silésie, l'état en dehors du combat est tellement pénétré de toutes les conditions du combat, que la connexité la plus intime s'est établie entre les deux états, à tel point que l'un ne se conçoit plus entièrement sans l'autre. Autrefois le combat formait la vraie arme dans la campagne, l'état intermédiaire n'en était que la monture; l'un était la lame acérée, l'autre la hampe en bois : L'ensemble se composait donc de parties hétérogènes. Aujourd'hui, au contraire, le combat peut se comparer au tranchant affilé, l'état intermédiaire au dos de la lame, l'ensemble forme une pièce métallique bien soudée, dans laquelle rien n'indique où finit l'acier et où commence le fer.

Cette existence à la guerre en dehors du combat, se règle actuellement en partie par l'ordre du service et l'organisation imprimés à l'armée en temps de paix, et en partie par les dispositions tactiques et stratégiques du moment. Les forces armées peuvent se trouver dans trois états distincts, en cantonnement, en marche et au camp. Ces trois états appartiennent aussi bien à la tactique qu'à la stratégie; les deux divisions de l'art ont ici des contacts nombreux, semblent souvent empiéter l'une sur l'autre, et le font même fréquemment, de sorte que maintes dispositions peuvent être considérées en même temps comme tactiques et comme stratégiques.

Nous allons nous occuper de ces trois modes d'existence en dehors du combat, mais d'une ma-

nière générale et sans y rattacher encore les buts spéciaux. A cette fin nous devons considérer d'abord la disposition générale des forces armées, parce qu'elle est d'un ordre supérieur et embrasse comme éléments les camps, les cantonnements et les marches.

Si nous considérons la disposition des forces d'une manière générale, c'est-à-dire indépendamment de tout but spécial, nous ne pouvons la considérer que comme unité, c'est-à-dire comme *un tout destiné au combat d'ensemble*; car, toute déviation de cette forme qui est la plus simple, supposerait déjà un but particulier. Nous arrivons ainsi à l'idée d'une armée, quelque petite ou quelque grande qu'elle soit.

Ensuite, à part tout but spécial, il y en a un qui passe avant tout autre, c'est-à-dire la *conservation* et par conséquent la sûreté de l'armée. Ainsi, les deux premières conditions que nous rencontrons sont que l'armée puisse exister et combattre réunie sans aucun désavantage particulier. En développant ce que ces deux conditions exigent dans l'application, nous trouvons pour conséquences :

1° La facilité de l'entretien.

2° La facilité du logement.

3° La sécurité des derrières.

4° Un terrain découvert en avant.

5° La position des troupes dans le terrain couvert.

6° Des points d'appui stratégiques.

7° Une répartition convenable des forces.

Voici nos éclaircissements sur ces divers points :

Les deux premiers conduisent à rechercher des contrées cultivées, de grandes villes et de grandes routes. Leur influence est plus décisive en général qu'en particulier.

Quant à la sécurité des derrières, le chapitre concernant les lignes de communication développe ce que nous entendons par là. La condition la plus saillante et la plus importante de cette sécurité, c'est que la direction de la route principale de retraite dans le voisinage de la position, soit perpendiculaire au milieu du front.

Quant au quatrième point, il est clair qu'une armée ne peut pas voir la contrée devant elle, comme elle peut voir son front lorsqu'elle est rangée en ordre tactique pour le combat. Mais c'est l'avant-garde qui constitue l'organe visuel stratégique de l'armée; ce sont les éclaireurs, les espions, etc., qu'on envoie en avant. Or, ceux-là observeront bien plus facilement un pays découvert qu'un terrain couvert et coupé.

Le cinquième point n'est que la réciproque du quatrième.

Les points d'appui stratégiques se distinguent des tactiques par deux propriétés. D'abord, il n'est pas nécessaire qu'ils soient en contact immédiat avec l'armée; par contre, ils doivent avoir, comme obstacles, une étendue beaucoup plus considérable. Le motif en est, qu'en stratégie les temps et les espaces sont en général plus grands que dans la tactique. Si

dans une armée prend position à deux lieues d'une côte ou de la rive de quelque fleuve très considérable, elle s'appuie stratégiquement à ces obstacles, parce que l'ennemi ne pourra pas tirer parti de cet intervalle pour la tourner stratégiquement. Il n'entreprendra pas des marches de plusieurs jours ou de plusieurs semaines, pour s'engager dans cet espace. D'un autre côté, un lac de quelques lieues de circuit peut à peine être considéré comme un obstacle stratégique. Dans les combinaisons stratégiques, quelques lieues à droite ou à gauche ont peu d'importance. Les places fortes deviennent des points d'appui stratégiques, d'autant plus que le rayon de leurs entreprises offensives est plus grand.

La répartition de l'armée en masses séparées se règle d'après des buts et des besoins, soit spéciaux soit généraux. Il ne peut s'agir ici que des derniers.

Le premier besoin général consiste dans une avant-garde poussée en avant avec d'autres troupes nécessaires pour observer l'ennemi.

Le second consiste dans les réserves, qui dans les grandes armées restent ordinairement plusieurs couples de lieues en arrière, et occupent par conséquent une position séparée.

Enfin, pour couvrir les deux flancs de l'armée on a d'ordinaire besoin de corps particuliers occupant une position séparée.

On ne doit pas entendre par là qu'une partie de l'armée serait employée pour défendre l'espace au

tour d'un flanc, pour rendre inaccessible à l'ennemi ce prétendu point faible ; car qui défendrait alors le flanc de cette partie couvrante? Cette idée si répandue est tout simplement absurde. Les flancs ne sont pas par eux-mêmes des points faibles de l'armée, et cela par la raison que l'armée ennemie a aussi des flancs, et ne peut menacer les nôtres sans exposer les siens. Ce n'est que quand les autres circonstances sont inégales, quand l'armée ennemie nous est supérieure, quand ses communications sont mieux assurées que les nôtres (chap. des lignes de communication), c'est alors seulement que nos flancs deviennent des parties faibles. Or, il n'est pas question ici de ces cas particuliers, non plus que du cas où par suite d'une connexité avec d'autres combinaisons, le corps flanquant est réellement destiné à défendre l'espace autour d'un flanc, car cela ne rentre plus dans la catégorie des dispositions qui ont le caractère de la généralité.

Mais si les flancs ne sont pas des points particulièrement faibles, ils sont du moins particulièrement importants. Comme ils peuvent être tournés, la résistance n'y est plus aussi simple que sur le front, les mesures y deviennent plus compliquées et demandent plus de temps et de préparatifs.

C'est pour cela qu'il est toujours nécessaire en général de garantir les flancs, surtout contre des entreprises imprévues de l'ennemi. A cette fin, on y place des masses plus grandes qu'il ne les faudrait

pour observer simplement l'ennemi. Ce dernier devra donc d'abord repousser ces masses. Mais, lors même qu'elles n'offrent pas une résistance sérieuse, celles-ci retarderont les progrès de l'ennemi et l'obligeront à déployer ses forces et à dévoiler ses intentions ; elles rempliront d'ailleurs d'autant mieux ce but, qu'elles seront plus fortes. Les mesures qui doivent être prises ensuite, dépendent absolument des plans particuliers du moment. Les corps qui se trouvent sur les flancs peuvent donc être considérés comme des avant-gardes latérales, qui retardent les progrès de l'ennemi dans l'espace en dehors de notre flanc, et nous donnent le temps de prendre des mesures préventives.

Si ces corps sont destinés à se retirer sur l'armée principale, sans que celle-ci opère en même temps un mouvement rétrograde, ils ne doivent pas être placés sur la même ligne que cette armée, mais un peu en avant d'elle, parce qu'une retraite, même lorsqu'elle s'exécute sans engagement sérieux, ne doit pas s'opérer directement sur le flanc d'une position.

Il découle de ces motifs un système naturel de dispositions comprenant 4 ou 5 fractions séparées, suivant que la réserve reste ou non près du corps de bataille.

De même que les questions de subsistance et de logement des troupes ont leur part d'influence dans le choix de la position en général, de même elles

contribuent au fractionnement de la masse des troupes. On combine ces deux considérations avec celles développées plus haut, et l'on transige pour les satisfaire autant qu'elles peuvent l'être simultanément. Dans la plupart des cas, le fractionnement en cinq corps séparés fait déjà disparaître les difficultés relatives à l'entretien et au logement, de sorte que cette considération n'exige plus de modification dans la disposition stratégique.

Maintenant nous devons examiner quelles sont les distances qui peuvent sans inconvénient séparer les fractions d'armée, lorsqu'elles sont destinées à se soutenir réciproquement et par conséquent à combattre en commun. Nous rappelons ici ce qui a été dit dans les chapitres où il est traité de la durée et de la décision du combat. Toutefois les données qu'ils renferment, ne permettent pas de déterminer des distances absolues, attendu que la force absolue et la force relative, la nature des armes et celle du terrain exercent une très-grande influence sur ces grandeurs. On ne peut donc établir que des généralités, des résultats moyens.

La distance de l'avant-garde se détermine le plus facilement ; comme en se retirant elle revient sur l'armée, elle peut en tout cas avoir sur le corps de bataille une avance d'une forte journée de marche, sans être exposée à se voir forcée à une bataille séparée. Toutefois il convient de ne pas la pousser en avant plus qu'il ne le faut dans l'intérêt de la sécu-

rité de l'armée, car elle souffre d'autant plus que sa ligne de retraite est plus longue.

Quant aux corps de flanc, nous avons déjà dit que généralement le combat d'une division de 8 à 10 mille hommes dure plusieurs heures, et même une demi-journée avant de se décider. D'après cela, on n'hésite pas à placer une division de cette force à une distance de 2 à 4 lieues. Par les mêmes motifs, des corps de 3 à 4 divisions peuvent s'éloigner sans inconvénient jusqu'à une journée de marche, c'est-à-dire de 6 à 8 lieues.

Cette disposition générale et rationnelle des forces réparties en quatre ou cinq fractions, séparées entre elles par les distances proportionnées, a dû se convertir en méthode. Aussi fractionne-t-on machinalement l'armée, chaque fois que quelque but spécial ne s'y oppose pas.

Mais quoique nous supposions que chacune des fractions séparées de l'armée soit capable, et puisse se trouver dans la nécessité de livrer un combat indépendant, il ne s'ensuit pas que l'*intention* d'amener ces combats séparés ait présidé au fractionnement de l'armée. La nécessité de ce fractionnement n'est généralement qu'une condition de subsistance engendrée par le temps. Mais lorsque l'ennemi s'approche pour décider la lutte par un combat général, la durée stratégique cesse, tout se concentre dans l'instant de la bataille, et le but du fractionnement disparaît. Lorsque la bataille s'ouvre, les considéra-

tions relatives au logement et à la nourriture s'évanouissent. Le but qu'on avait d'observer l'ennemi sur le front et sur les flancs, et de diminuer son élan par une résistance modérée est atteint, et maintenant tout se tourne vers la grande unité de la bataille générale. C'est même le meilleur criterium de la valeur d'une disposition stratégique, que le fractionnement n'ait prévalu que comme préliminaire de rigueur, comme condition indispensable, comme mal nécessaire, tandis que le combat général y préside comme idée fondamentale.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

DE LA GUERRE

PAR

LE GÉNÉRAL CHARLES DE CLAUSEWITZ,

Traduction de M. le major d'artillerie NEUENS.

AVANT-GARDE ET AVANT-POSTES.

Ces deux objets appartiennent simultanément à la tactique et à la stratégie. D'un côté on doit les ranger parmi les dispositions qui donnent une forme au combat et qui assurent l'exécution des projets tactiques; d'un autre côté ils occasionnent souvent des combats indépendants, et à cause de la distance plus ou moins grande qui les sépare du corps de bataille, ils doivent être considérés comme des organes stratégiques. C'est du reste cette position isolée qui nous invite à nous y arrêter un instant pour compléter le chapitre précédent.

Toute troupe qui n'est pas entièrement prête au combat, a besoin d'une avant-garde pour apprendre ou explorer l'arrivée de l'ennemi avant de le voir directement, car en général, le cercle visuel n'a pas

plus d'étendue que celui de l'effet des armes. Or, que serait-ce qu'un homme dont les yeux ne verraient pas plus loin que son bras ne peut frapper? Mais le besoin de s'éclairer n'est pas toujours le même, il a des degrés. La force des troupes et leur extension, le temps, le lieu, les circonstances, le système de guerre et même le hasard, exercent là-dessus de l'influence; c'est pourquoi nous ne devons pas nous étonner de voir paraître dans l'histoire de la guerre, l'emploi de l'avant-garde et des avant-postes, non pas avec un caractère régulier et simple, mais dans une sorte de désordre dû à la grande diversité des cas.

Tantôt nous voyons la sûreté de l'armée confiée à un corps spécial d'avant-garde, tantôt elle l'est à une ligne d'avant-postes; ici nous rencontrons ces deux systèmes réunis, là ni l'un ni l'autre ne sont mentionnés. Une fois l'avant-garde est commune à toutes les colonnes qui avancent, une autre fois chaque colonne a la sienne. Nous tâcherons de nous représenter cet objet d'une manière claire, afin de voir s'il est possible de le ramener à un petit nombre de principes d'application.

Lorsqu'une troupe est en mouvement, un détachement plus ou moins nombreux lui sert d'avant-garde; il lui sert d'arrière-garde si le mouvement devient rétrograde. Lorsque la troupe est en cantonnements ou campée, l'avant-garde est remplacée par une ligne étendue de faibles postes, les *avant-postes*. Il est plus naturel que dans l'état d'immobilité, un

espace plus grand puisse et doive être couvert que dans l'état de mouvement, ce qui fait naître spontanément l'idée d'une ligne de postes dans un cas, et d'un corps réuni dans l'autre.

Les avant-gardes aussi bien que les avant-postes ont leurs degrés de force intérieure, depuis le corps considérable composé de toutes armes jusqu'au simple régiment de hussards, et depuis une ligne de défense fortifiée et défendue par toutes les armes, jusqu'aux gardes de campagnes et piquets que le camp lui-même pousse en avant. Les effets de ces gardes passent donc par tous les degrés, depuis la simple observation jusqu'à la résistance. Cette résistance ne sert pas seulement à faire gagner du temps au corps en arrière, pour se préparer au combat, mais encore à forcer l'ennemi à développer de bonne heure ses mesures et ses intentions, ce qui revient à rendre l'observation beaucoup plus complète.

Ainsi, l'avant garde et les avant-postes d'une troupe doivent être d'autant plus forts qu'elle a besoin de plus de temps, et que sa résistance doit se régler davantage sur les dispositions particulières que prendra l'ennemi.

Frédéric le Grand, qui était bien le général le plus constamment prêt au combat, et qui conduisait son armée à la bataille en quelque sorte au simple signal du commandement, n'avait pas besoin de forts avant-postes. Aussi le voyons-nous camper toujours sous les yeux de l'ennemi, et assurer sa sécurité sans

grand appareil, tantôt par un régiment de hussards, tantôt par quelques bataillons francs, tantôt par des gardes de campagnes et des piquets fournis par le camp. Dans les marches, l'avant-garde était formée de quelques milliers de chevaux appartenant presque toujours à la cavalerie d'une aile de la première ligne. La marche terminée, cette cavalerie rentrait en ligne. Un corps d'avant-garde permanent n'a été employé qu'exceptionnellement par ce général.

Lorsqu'une petite armée doit opérer partout avec toute sa masse et avec beaucoup de rapidité, afin de tirer parti de son habileté supérieure et de l'assurance qui distingue son commandement, il faut que tout se fasse à la barbe de l'ennemi, comme nous le voyons faire à Frédéric contre Daun. La supériorité d'une telle armée serait complétement paralysée si on la retenait à distance dans ses positions, en l'enveloppant d'un système compliqué d'avant-postes. Il est vrai que des fautes commises et l'exagération de la méthode, ont un jour amené une bataille de Hochkirch; mais cela ne prouve rien contre le principe. On reconnaît au contraire l'habileté consommée du roi, en ce que toutes les guerres de la Silésie ne présentent qu'un seul fait analogue.

Napoléon, au contraire, qui certes ne manquait ni d'une vaillante armée ni de résolution, ne marchait presque jamais sans une forte avant-garde. Deux motifs expliquent cette différence.

Le premier découle de la transformation de la

tactique. On ne conduit plus l'armée à la bataille tout d'une pièce et d'un seul mot, pour terminer l'affaire avec plus ou moins d'adresse et de courage comme un grand duel. Aujourd'hui on combine l'emploi de ses forces avec les particularités du terrain, on fait de l'ordre de bataille, et par conséquent de la bataille même, un ensemble constitué de subdivisions et de périodes multipliées. Il suit de là qu'à la simple résolution de combattre se rattache un plan complexe, et que le mot du commandement se transforme en une disposition plus ou moins explicite. Or, pour arrêter un tel programme, il faut du temps et des données.

Le second motif réside dans la grande étendue des armées modernes. Frédéric conduisait 30 à 40 mille hommes au combat; Napoléon en conduisait 100 à 200 mille.

Nous avons choisi ces deux exemples, parce qu'on doit admettre que de tels généraux n'ont pas adopté un procédé habituel sans motifs concluants. En général, l'emploi des avant-gardes et des avant-postes s'est perfectionné dans les guerres modernes. Cependant, dans les guerres de Silésie, tout le monde ne faisait pas comme Frédéric; c'est ce que nous voyons par les Autrichiens, qui y ont un système d'avant-postes beaucoup plus fort, et se font bien plus fréquemment précéder par un corps d'avant-garde; leur situation spéciale justifiait d'ailleurs suffisamment cette différence. Dans les guerres modernes il

règne aussi une diversité assez grande en cette matière. Ainsi, nous voyons s'avancer les maréchaux français Macdonald en Silésie, Oudinot et Ney dans la Marche, à la tête de 60 à 70 mille hommes, sans qu'il soit question d'un corps d'avant-garde.

Jusqu'à présent nous avons parlé des avant-gardes et des avant-postes, d'après leurs forces numériques. Il existe encore une différence sur laquelle nous devons nous expliquer. Lorsqu'une armée s'avance ou se retire sur une grande largeur de front, elle peut avoir une seule avant-garde commune à toutes les colonnes marchant l'une à côté de l'autre, ou bien il peut y avoir une avant-garde pour chaque colonne. Pour introduire de la netteté dans les idées, nous devons concevoir la chose comme suit :

Lorsqu'il y a un corps spécial d'avant-garde, il n'est au fond destiné qu'à garantir la sécurité de la masse principale des troupes marchant au centre. Si cette masse s'avance par plusieurs chemins rapprochés que l'avant-garde peut aussi suivre, et par conséquent couvrir sans trop se diviser, alors il va sans dire que les colonnes latérales n'ont pas besoin d'avant-garde particulière.

Mais les corps qui s'avancent à de plus grandes distances comme corps séparés, doivent eux-mêmes se garder. Même les parties de la masse centrale des troupes, que la déviation accidentelle des chemins conduirait trop loin de la direction moyenne de cette masse, doivent aussi veiller elles-mêmes à leur sû-

reté. Il en résulte qu'il y aura autant d'avant-gardes que de masses de troupes marchant séparément l'une à côté de l'autre. Or, si chacune de ces avant-gardes est beaucoup plus faible que ne le serait une avant-garde générale, elles rentrent plutôt dans le cercle des dispositions tactiques, et alors le tableau stratégique ne fera pas mention de l'avant-garde. Mais lorsque le corps de bataille central se fait précéder d'un corps d'avant-garde beaucoup plus considérable, ce corps aura le caractère d'une avant-garde générale et en remplira le but sous beaucoup de rapports.

Mais quels peuvent être les motifs de donner au centre une avant-garde beaucoup plus forte qu'aux ailes? Ces motifs sont au nombre de trois :

1° Au centre s'avance en général une masse de troupes plus considérable.

2° Évidemment le centre est la partie la plus importante de l'étendue de pays qu'une armée embrasse en largeur durant sa marche en avant; tous les projets se rapportent à cette direction centrale, et par la même raison le champ de bataille s'en trouve généralement plus rapproché que des ailes.

3° Un corps d'avant-garde central contribue indirectement beaucoup à la sûreté des ailes, quoiqu'il ne puisse pas les couvrir directement comme une avant-garde particulière. En effet, l'ennemi ne peut pas passer à certaine distance d'un tel corps pour faire une entreprise sur l'une ou l'autre aile, parce

qu'il aurait à redouter une attaque de flanc et de revers. Si cette gêne qu'un corps d'avant-garde central impose à l'ennemi, ne suffit pas pour procurer une sécurité complète aux corps des ailes, elle est du moins propre à produire ce résultat dans un grand nombre de cas, et à éloigner une foule de possibilités que ces corps n'ont par conséquent plus à craindre.

D'après cela, lorsque l'avant-garde centrale est beaucoup plus forte que celle des ailes, c'est-à-dire lorsqu'elle consiste en un corps spécial d'avant-garde, elle n'a plus la simple destination d'une garde qui empêche les corps en arrière d'être surpris, mais elle produit les effets stratégiques généraux d'un corps avancé.

L'utilité d'un tel corps peut se rattacher aux buts suivants, qui par conséquent en déterminent aussi l'emploi, savoir :

1° Lorsque les dispositions à prendre exigent beaucoup de temps, ce corps nous procure un répit en offrant de la résistance à l'ennemi, en le forçant d'avancer avec circonspection. C'est l'action rehaussée d'une avant-garde ordinaire.

2° Lorsque la masse principale des troupes est très grande et par conséquent peu maniable, on peut la tenir un peu plus en arrière, tout en restant à proximité de l'ennemi avec un corps mobile.

3° Lorsque d'autres motifs nous déterminent à

tenir la masse principale à distance, ce corps avancé nous sert à observer l'ennemi.

On se tromperait si l'on pensait qu'un faible poste d'observation, un détachement de partisans, remplirait également bien ce but. Pour le prouver, il suffit de remarquer qu'un tel poste serait très facilement chassé, et ne posséderait d'ailleurs que des moyens d'observation insignifiants comparativement à ceux d'un grand corps.

4° Lorsqu'on poursuit l'ennemi. Le corps d'avant-garde seul, avec la plus grande partie de la cavalerie, se meut plus rapidement, marche plus tard dans la soirée, et se réunit le matin plus tôt qu'une armée entière.

5° Enfin, dans la retraite, un corps d'arrière-garde sert à la défense des principaux obstacles du terrain. Dans cette situation aussi le centre conserve la plus grande importance. Il est vrai qu'au premier coup d'œil, il semble que cette arrière-garde doive être constamment exposée à être débordée sur ses flancs et enveloppée. Mais il ne faut pas oublier que lors même que l'ennemi a déjà quelque peu débordé les ailes, il a encore à parcourir toute la distance de ces points extrêmes au centre, avant de pouvoir sérieusement menacer celui-ci. Il en résulte que le centre de l'arrière-garde peut toujours encore prolonger sa résistance, et se laisser un peu devancer dans la retraite par les ailes. La situation devient immédiatement critique au contraire, lorsque le centre se re-

plie plus vite que les ailes; alors la ligne semble menacer de se rompre au milieu, et cette apparence seule est déjà très à craindre. Jamais le besoin d'union et de concert ne se fait plus vivement sentir que dans les retraites. D'ailleurs, la destination des ailes est toujours en dernière instance de regagner le centre, et lorsque les conditions d'entretien des troupes et la nature des routes obligent à exécuter la retraite sur une grande largeur, le mouvement aboutit pourtant toujours à une position unique sur le centre. A ces considérations s'ajoute encore que l'ennemi marche aussi au centre avec la plus grande partie de ses forces, et exerce par conséquent dans cette direction la plus grande pression. Il résulte de tout cela, que l'arrière-garde du centre possède une importance toute spéciale.

D'après cela, l'emploi d'un corps spécial d'avant-garde est toujours convenable lorsque l'un des besoins ci-dessus mentionnés se présente. Il disparaît presque toujours lorsque le corps central n'est pas plus fort que ceux des ailes, comme cela eut lieu par exemple en 1813, lorsque Macdonald s'avança en Silésie contre Blücher, et lorsque celui-ci marcha sur l'Elbe. Tous deux avaient trois corps qui marchaient ordinairement de front sur trois colonnes, suivant des routes distinctes. C'est pourquoi ils n'ont pas eu d'avant-garde.

C'est en partie pour cela aussi que cette disposition en trois colonnes d'égale force n'est guère con-

venable. D'ailleurs une armée divisée en trois parties est en général peu maniable, comme nous l'avons dit au chapitre V du livre cinquième.

La répartition de toute l'armée en un centre et deux ailes, que nous avons représentée au chapitre précédent comme la plus naturelle tant qu'il manque des motifs spéciaux pour en préférer une autre, suppose naturellement l'avant-garde en avant du centre, et par suite en avant de la ligne des ailes. Cependant, comme les corps des ailes ont au fond une destination analogue à celle de l'avant-garde, il arrive très-fréquemment que ces corps sont poussés en avant sur la même ligne que l'avant-garde, et même plus loin, suivant les circonstances.

Quant à la force de l'avant-garde, nous avons peu de chose à en dire, attendu qu'aujourd'hui, on a avec raison généralement pris pour règle de la former d'un ou de plusieurs éléments d'armée du premier ordre, qu'on renforce d'une partie de la cavalerie. Elle consiste donc en un corps d'armée lorsque l'armée est divisée en corps, et en une ou plusieurs divisions lorsque l'armée n'est partagée qu'en divisions.

Il est facile de voir que sous ce rapport encore, il y a avantage à diviser l'armée en un grand nombre d'éléments du premier ordre.

La distance de laquelle l'avant-garde doit précéder l'armée, dépend entièrement des circonstances. Il peut y avoir des cas où elle doit dépasser une journée

de marche; dans d'autres cette distance est presque annulée. Ordinairement nous voyons varier cette distance entre 2 et 4 lieues. Cela prouve que les besoins ordinaires réclament cette distance, sans qu'on puisse en conclure une règle fixe servant de point de départ.

Dans ce qui précède, nous avons entièrement perdu de vue les *avant-postes*. Nous allons maintenant nous en occuper.

D'abord nous avons dit : les avant-postes correspondent à la troupe en position, l'avant-garde à celle en mouvement. Mais il est clair que si l'on s'en tenait rigoureusement aux mots, ce ne serait là qu'une distinction scolastique. Elle ne doit servir qu'à rattacher les idées à leur origine première, et à les classer sommairement.

Quand une armée en marche s'arrête le soir pour se remettre en mouvement le lendemain matin, l'avant-garde doit naturellement faire de même ; de plus, elle établira chaque fois des postes pour veiller à sa sûreté ainsi qu'à celle de l'armée, mais sans se disséminer entièrement en avant-postes. Si les avant-postes devaient être considérés comme distincts d'une avant-garde, cela ne pourrait avoir lieu que dans le cas où la masse principale des troupes destinées à l'avant-garde se distribuerait en postes, de manière qu'il ne restât que peu ou rien comme corps réuni. Dans ce cas, l'idée d'une longue ligne de postes prévaut sur celle d'un corps compacte.

Plus le temps du repos est court, moins l'armée a besoin de se couvrir; d'un jour à l'autre, l'ennemi ne peut même pas apprendre jusqu'à quel point on est couvert. Plus le repos est prolongé, plus il est nécessaire d'observer et de couvrir parfaitement tous les abords. Ainsi en général, plus le repos se prolonge, plus l'avant-garde s'étendra en une ligne d'avant-postes. Deux circonstances décident principalement la question de savoir si l'avant-garde doit se convertir entièrement en chaîne de postes, où si l'idée d'un corps concentré doit prédominer; ce sont : la proximité des deux armées, et la nature du terrain.

Si les armées sont très-rapprochées comparativement à la largeur de leurs fronts, il ne pourra souvent plus y avoir de corps d'avant-garde entre elles, et elles ne pourront veiller à leur sûreté que par une chaîne d'avant-postes.

En général, un corps concentré a besoin de plus de temps et d'espace pour agir, parce qu'il couvre moins immédiatement les abords. Par conséquent, dans les cas où l'armée occupe une très grande largeur, comme lorsqu'elle est cantonnée, il faut que l'ennemi se trouve à une distance considérable pour qu'un corps concentré d'avant-garde puisse défendre toutes les avenues. C'est pour cela que les quartiers d'hiver, par exemple, ont généralement été couverts par un cordon d'avant-postes.

La seconde circonstance est la nature de la contrée. Quand un grand obstacle du terrain fournit l'occa-

sion de former une forte ligne de postes avec peu de troupes, on ne négligera pas d'en tirer parti.

Enfin, dans les quartiers d'hiver, la rigueur de la saison peut engager aussi à fractionner toute l'avant-garde en une ligne d'avant-postes, parce que cela facilite le logement des troupes.

C'est l'armée anglo-hollandaise qui dans sa campagne d'hiver de 1794-1795, nous fournit l'exemple de l'emploi le plus perfectionné d'une ligne renforcée d'avant-postes. La ligne de défense était formée de brigades composées de toutes armes, distribuées en postes et soutenues par une réserve. Scharnhorst, qui se trouvait avec cette armée, a introduit cette disposition en 1807, dans l'armée prussienne sur la Passarge, dans la Prusse orientale. Il y en a eu peu d'autres applications dans les temps modernes, ce qui provient surtout de ce que les guerres ont présenté trop de mouvement. Mais lors même que l'occasion de l'employer s'est présentée, elle a été négligée, comme nous le voyons faire par exemple par Murat à Tarutino. S'il avait plus développé sa ligne de défense, il ne se serait pas trouvé dans le cas de perdre une trentaine de bouches à feu dans un combat d'avant postes

On ne peut méconnaître que dans certaines circonstances, de grands avantages ne puissent résulter de ce moyen: nous aurons encore l'occasion de revenir là-dessus.

MODE D'ACTION DES CORPS AVANCÉS.

—

Nous avons vu comment on se promet la sécurité de l'armée, de l'action que l'avant-garde et les corps des flancs exercent contre l'ennemi qui avance. Ces corps doivent toujours être considérés comme relativement très-faibles, lorsqu'on les conçoit engagés dans un conflit avec le corps de bataille ennemi. Nous devons donc expliquer, à l'aide de quelques développements, comment ils peuvent remplir leur destination, sans que cette disproportion des forces puisse faire craindre des pertes considérables.

La mission de ces corps est d'observer l'ennemi et de retarder ses progrès.

La première partie de ce but ne serait déjà plus remplie que très-imparfaitement par un petit détachement; d'un côté, parce qu'il serait plus facilement

chassé de sa position, et de l'autre, parce que ses moyens d'observation, c'est-à-dire ses yeux ne s'étendent pas aussi loin.

Mais l'observation doit avoir lieu à un plus haut degré encore ; l'ennemi doit être amené à déployer toutes ses troupes devant un corps avancé, et à laisser entrevoir non-seulement sa force, mais aussi ses projets.

Pour cela la simple présence du corps suffirait ; il n'aurait qu'à attendre et observer les mesures que prend l'ennemi pour le chasser, et commencer ensuite sa retraite.

Mais la seconde partie de la mission exige qu'on retarde les progrès de l'ennemi ; pour cela il faut déjà offrir réellement de la résistance.

Mais comment peut-on concevoir qu'un corps avancé attende ainsi jusqu'au dernier moment les préparatifs de l'ennemi, ou qu'il offre même une certaine résistance, sans être constamment exposé à éprouver de grandes pertes? Cela se comprend surtout, parce que l'ennemi marche aussi précédé d'une avant-garde, et que par conséquent on n'a pas à craindre d'être immédiatement débordé et écrasé par des forces supérieures. Lors même que l'avant-garde ennemie est plus forte que notre corps avancé, supériorité qui lui aura été naturellement ménagée, et lors même que l'ennemi a l'avantage quant à la distance qui sépare son corps de bataille de son avant-garde, et qu'étant en marche, il ne peut tarder à

soutenir de toutes ses forces l'attaque de cette avant-garde, il n'en est pas moins vrai que la première période, pendant laquelle notre avant-garde n'est engagée qu'avec celle de l'ennemi, c'est-à-dire à peu près à forces égales, nous fait gagner un délai, ainsi que la faculté d'observer pendant quelque temps la marche de l'adversaire, sans que notre retraite puisse en être compromise.

De plus, dans une position convenable, le corps avancé peut même résister jusqu'à un certain point à toutes les forces ennemies sans qu'il en résulte tous les désavantages qu'on pourrait craindre en tout autre cas de la grande disproportion des forces. Le principal danger qu'on court en résistant à un ennemi supérieur c'est d'être tourné, et de se voir engagé dans un combat très désavantageux par une attaque enveloppante. Mais dans le cas que nous avons supposé, ce danger est singulièrement diminué, en ce que l'ennemi qui s'avance ne sait jamais au juste quelle est la proximité du soutien que le corps avancé peut recevoir de l'armée, ce qui lui fait craindre d'engager entre deux feux les colonnes qu'il détacherait pour cerner son adversaire. La conséquence en est que l'ennemi avancera prudemment tout en maintenant ses colonnes à peu près à la même hauteur. Ce ne sera que quand il sera parvenu à reconnaître exactement la situation de son adversaire, qu'il cherchera à tourner avec précaution l'une ou l'autre aile. Ces tâtonnements et cette circonspection

mettent le corps avancé dans la possibilité d'opérer sa retraite avant d'être réellement compromis.

Quant à la durée de la résistance d'un corps avancé contre l'attaque de front, et contre les mouvements qu'on fait pour le tourner, elle dépend principalement de la configuration du terrain et de la proximité du soutien. Lorsque cette résistance est étendue au delà de ses limites naturelles, soit par inintelligence, soit par dévouement, quand l'armée a besoin de temps, il en résulte toujours des pertes considérables.

Ce ne sera que dans les cas les plus rares, c'est-à-dire lorsqu'un grand obstacle du terrain en offrira l'occasion, que la résistance par le combat pourra devenir considérable. Dans les circonstances ordinaires, la durée d'une petite bataille que livrerait un corps avancé ferait probablement gagner trop peu de temps par elle-même. Ce temps doit donc être gagné par les trois moyens que voici, et qui ressortent de la nature des choses, savoir :

1° En forçant l'adversaire à s'avancer avec circonspection et par conséquent avec lenteur;

2° Par la durée de la résistance qu'on lui oppose;

3° Par la lenteur de la retraite.

On doit opérer cette retraite aussi lentement qu'on le peut sans se compromettre. Lorsque le terrain offre de nouvelles positions, on doit en tirer parti, afin d'obliger l'ennemi à prendre de nouvelles dispositions pour nous attaquer et pour nous tourner, d'où résul-

tent de nouveaux délais. On peut même livrer réellement un combat dans la nouvelle position.

On voit donc que la résistance par le combat est intimement combinée avec la marche rétrograde, et que ce qui manque en durée aux combats successifs doit être compensé par leur fréquence.

Voilà le mode d'action d'un corps avancé. Le résultat dépend avant tout de la force du corps et de la configuration du terrain, ensuite aussi de la longueur de la route que le corps a à parcourir, du soutien qu'il reçoit, et de la manière dont il est recueilli par les troupes en arrière.

Un faible détachement ne résiste pas aussi longtemps qu'un corps considérable, même lorsqu'on suppose le même rapport entre les forces opposées; car plus les masses sont grandes, plus il leur faut de temps pour accomplir leur action, de quelque nature que soit cette action. Dans un terrain de montagne, la marche elle-même est déjà beaucoup plus lente, la résistance dans les diverses positions plus longue et plus sûre, et l'occasion de ces positions se renouvelle à chaque pas.

La durée de la retraite d'un corps avancé, et par conséquent le temps gagné, augmentent avec la distance qui le sépare de l'armée, mais non proportionnellement à cette distance; car, comme ce corps est aussi d'autant moins soutenu et d'autant moins capable de résistance, sa marche rétrograde sera plus rapide que s'il avait été moins éloigné de sa base.

La manière dont un corps est soutenu et recueilli par les troupes en arrière, exerce naturellement de l'influence sur la durée de la résistance; car dans une retraite, toute la part qu'on fait à la prudence et à la circonspection doit être prise sur la résistance, et diminue par conséquent directement celle-ci.

Il y a une différence notable dans le temps que fait gagner la résistance d'un corps avancé lorsque l'ennemi ne paraît devant lui que dans la seconde moitié de la journée. Dans ce cas, comme on avance rarement pendant la nuit, celle-ci s'ajoute en entier au temps gagné. C'est ainsi qu'en 1815 le premier corps prussien, sous le général Ziethen, composé d'environ 30 mille hommes, et ayant devant lui 120 mille hommes sous Napoléon, put faire gagner vingt-quatre heures à l'armée prussienne occupée à se rassembler. Cependant la distance parcourue par ce corps de Charleroi à Ligny n'est pas encore de trois lieues. Le général Ziethen fut attaqué le 15 juin à environ neuf heures du matin, et la bataille de Ligny ne commença que le 16, à environ deux heures après-midi. Il est vrai que le général Ziethen éprouva des pertes considérables; elles s'élevèrent à 5 à 6 mille hommes, en tués, en blessés et en prisonniers.

En consultant l'expérience on peut établir les bases suivantes :

Une division de 10 à 12 mille hommes, renforcée de cavalerie, avancée de quatre à six lieues, agissant dans un terrain ordinaire, qui n'est pas précisément

favorable, arrêtera l'ennemi suffisamment pour lui faire employer une fois et demie le temps que la simple marche sans résistance aurait exigé. Mais si cette division n'est avancée que de 1 lieue à 1 $\frac{1}{2}$, l'ennemi emploiera bien deux à trois fois autant de temps que pour la simple marche.

Ainsi, pour une distance de 5 lieues, qui exigent ordinairement une marche de 10 heures, on comptera environ sur 5 heures, depuis le moment où l'ennemi paraît en force devant la division d'avant-garde, jusqu'à celui où il pourra attaquer notre armée elle-même. Cependant si l'avant-garde ne devance l'armée que de 1 lieue à 1 $\frac{1}{2}$, le délai qui s'écoulera avant que l'armée ne puisse être attaquée, dépassera 3 à 4 heures; on peut bien l'estimer au double de ce temps. En effet, le temps nécessaire à l'ennemi pour développer ses premières mesures contre l'avant-garde reste le même que dans le premier cas; en même temps la résistance qu'offrira l'avant-garde dans sa position primitive sera plus grande que dans le cas où elle est plus éloignée du gros de l'armée.

La conséquence de ce qui précède est que, dans le premier des deux cas ci-dessus, l'ennemi ne pourra pas facilement entreprendre l'attaque de notre armée le même jour où il aura refoulé notre avant-garde; c'est ce que du reste l'expérience a confirmé le plus souvent. Même, dans le second des cas supposés ci-dessus, l'ennemi doit achever de chasser notre avant-

garde dans la première moitié du jour, pour conserver encore le temps de livrer bataille.

Dans le premier des cas supposés ci-dessus, la nuit nous vient en aide; on voit donc combien on peut gagner de temps au moyen d'une avant-garde plus avancée.

Pour ce qui concerne les corps établis sur les flancs d'une armée, et dont nous avons déjà indiqué la destination, leur conduite se rattachera, dans la plupart des cas, à des circonstances qui rentrent dans le domaine de l'application immédiate. Le plus simple est de les considérer comme des avant-gardes latérales, postées en même temps un peu en avant de l'armée, et qui se replient sur elle dans une direction oblique.

Ces corps ne se trouvant pas directement devant l'armée, ne peuvent être recueillis par elle aussi aisément qu'une avant-garde proprement dite; ils seraient donc exposés à un danger plus grand, si ce n'était que le choc de l'ennemi lui-même est aussi moindre en général aux extrémités; d'ailleurs, dans les cas les plus défavorables, ces corps latéraux ont derrière eux de l'espace pour céder le terrain à l'ennemi, sans compromettre aussi directement l'armée que le ferait une avant-garde en fuite.

On recueille de préférence les corps avancés au moyen d'une nombreuse cavalerie; c'est pourquoi on établit, lorsque les distances le rendent nécessaire, les réserves de cette arme entre l'armée et le corps avancé.

En définitive, l'efficacité des corps avancés repose donc moins sur les efforts qu'ils exercent que sur leur simple présence, moins sur les combats qu'ils livrent réellement, que sur la possibilité du combat résultant de leur position. Leur action consiste moins à arrêter quelque part le mouvement de l'ennemi, qu'à le modérer en guise de régulateur, pour qu'on puisse le soumettre au calcul.

—

CAMPS.

—

Nous ne considérons les trois états d'une armée, en dehors du combat, que sous le rapport stratégique, c'est-à-dire en ce qu'ils représentent des combats ; ce sera donc quant au lieu, au temps, et à la quotité des forces. Tout ce qui se rapporte aux dispositions intérieures des combats, et, à la transition qui y conduit, rentre dans la tactique.

La position dans les camps (et nous entendons par là toute position en dehors des garnisons ou cantonnements, que ce soit sous les tentes, dans les baraques ou au bivouac) est stratégiquement identique avec le combat qu'elle suppose. Sous le rapport tactique elle ne l'est pas toujours, car on peut, par divers motifs, prendre pour le camp un emplacement différant un peu du champ de bataille choisi. Comme

nous avons déjà épuisé ce qu'il y avait à dire sur l'emplacement que doivent occuper les diverses parties de l'armée, il ne nous reste plus à présenter que quelques considérations historiques sur les camps.

Naguère, c'est-à-dire depuis que les armées se sont accrues de nouveau jusqu'à des proportions considérables, et que les guerres ont regagné de l'ensemble et de la durée, jusqu'à la révolution française, les armées ont campé sous la tente. C'était l'état normal. Au retour de la belle saison, elles quittaient les quartiers, pour ne les reprendre qu'au commencement de l'hiver. Les quartiers d'hiver doivent être considérés comme des interruptions de l'état de guerre, car les forces s'y trouvaient neutralisées, et la marche des événements y était suspendue. Les quartiers de repos, qui précédaient les quartiers d'hiver proprement dits, et les autres cantonnements peu spacieux, et occupés passagèrement, n'étaient que des états de transition ou extraordinaires.

Ce n'est pas ici le lieu d'examiner si cette neutralisation volontaire et périodique des forces s'accordait ou s'accorde encore avec le but et l'essence de la guerre. Plus tard, nous reviendrons là-dessus. Contentons-nous pour le moment de constater le fait.

Depuis les guerres de la révolution française, les armées ont supprimé les tentes, à cause du train considérable qu'elles nécessitent. D'abord on trouve qu'il y a avantage, dans une armée de 100,000 hommes, à remplacer 6,000 chevaux de transport par un sup-

plément de 5,000 hommes de cavalerie, ou d'une couple de cents bouches à feu; ensuite, lorsqu'il s'agit de mouvements étendus et rapides, ces grands équipages sont gênants et peu utiles.

Toutefois, cette modification a réagi de deux manières : la consommation en troupes a augmenté, et leur séjour entraîne plus de dommages pour le pays.

Quelque faible que soit l'abri d'un toit en mauvaise toile, il faut avouer cependant qu'à la longue il tient lieu d'un grand soulagement aux troupes. Pour un seul jour la différence est minime, parce que la tente abrite peu contre le vent et le froid, et préserve imparfaitement de l'humidité; mais cette faible différence fait beaucoup lorsqu'elle se répète deux à trois cents fois par an. Les pertes que font éprouver les maladies en dépendent tout naturellement.

Il serait superflu d'expliquer comment la dévastation de la contrée résulte de l'absence des tentes.

Il semblerait donc que, vu cette double réaction, la suppression des tentes aurait dû nuire à l'énergie de la guerre, en obligeant à des cantonnements plus

[redacted]

telle, et son énergie si extraordinaire, que les périodes régulières du repos ont elles-mêmes disparu, et que toutes les forces se dirigent avec une impétuosité irrésistible vers la solution. Dans ces circonstances il ne peut naturellement plus être question d'un changement que la suppression des tentes introduit dans l'emploi des forces. On campe dans des baraques ou en plein air, comme le but et le plan d'ensemble l'exigent, et sans avoir aucunement égard ni aux circonstances atmosphériques, ni à la saison, ni à la nature de la contrée.

Nous nous occuperons plus tard de la question de savoir si la guerre conservera cette énergie dans tous les temps et dans toutes les circonstances. Lorsque cette énergie n'existe pas, l'absence des tentes exerce naturellement quelque influence. Toutefois il est douteux que cette influence puisse désormais devenir assez grande pour ramener l'emploi des tentes; car, dès qu'une arène aussi vaste a été ouverte une fois à l'élément de la guerre, il ne peut plus se renfermer que périodiquement, pour certain temps et certaines circonstances, dans les anciennes limites plus restreintes, et cela pour déborder encore de temps en temps avec toute la virulence de sa nature.

—

MARCHES.

Les marches réalisent le passage d'une position à une autre, et sont soumises à deux conditions essentielles.

La première exige la commodité pour les troupes, afin qu'il ne se dépense pas inutilement des forces; la seconde veut la précision du mouvement, afin que les troupes arrivent à point nommé. Si l'on voulait faire marcher 100 mille hommes en une seule colonne, c'est-à-dire sur une seule route et sans intervalles de temps, la queue de cette colonne ne pourrait pas arriver à destination le même jour que la tête; ou elle devrait avancer avec une lenteur extraordinaire, ou bien la masse se désagrégerait, comme un jet d'eau se divise en gouttes. Ce déchirement de la colonne, réuni à la fatigue extrême que

sa longueur infligerait aux derniers, désorganiserait le tout et en ferait une masse confuse et impuissante.

A partir de cette masse qui rend la marche inexécutable, la facilité et la précision augmentent sans cesse à mesure que les colonnes deviennent de plus en plus petites. Il résulte de ce fait un besoin de *fractionnement* qui n'a rien de commun avec la division qui existe en position. Le partage en colonnes de marche ne dérive donc de l'ordre de bataille qu'en général, et non dans chaque cas particulier. Une grande masse qui doit prendre position sur un seul point, doit nécessairement être fractionnée pour la marche. Mais lors même qu'une position divisée conduit à une marche également divisée, il peut arriver que tantôt les conditions de la position, tantôt celles de la marche prédominent. Lorsque, par exemple, la position n'a que le repos pour objet et ne peut conduire à un combat, les conditions de la marche dominent; or, elles consistent principalement dans le choix de bonnes routes. En tenant compte de cette différence, on choisira tantôt les routes en vue des cantonnements ou des camps, tantôt ceux-ci en vue des meilleures routes. Lorsqu'on vise à une bataille et qu'il s'agit avant tout d'atteindre le point convenable avec une masse considérable de troupes, on n'hésite pas à les y diriger au besoin par les chemins de traverse les plus difficiles. Mais quand l'armée voyage encore en quelque

sorte pour gagner le théâtre de la guerre, on fait marcher les colonnes sur les grandes routes, et on cherche, comme on peut, les cantonnements et les camps à proximité.

Quelle que soit celle de ces deux catégories dans laquelle une marche doive être rangée, un principe général de l'art moderne veut que partout où la possibilité d'un combat existe, c'est-à-dire dans toute l'étendue du terrain que la guerre effective embrasse, les colonnes soient organisées de manière à pouvoir soutenir chacune un combat indépendant. On remplit cette condition par la réunion des trois armes, par la subdivision organique et par la désignation convenable du commandement supérieur. Ce sont donc principalement les marches qui ont motivé l'ordre de bataille moderne et qui en retirent le plus d'avantages.

Au milieu du siècle précédent, particulièrement sur le théâtre de la guerre de Frédéric II, on commença à considérer le mouvement comme un élément spécial de combat, et on chercha à se procurer la victoire par l'influence de mouvements imprévus. Mais le défaut d'un ordre de bataille articulé nécessitait dans les marches les combinaisons les plus compliquées et les plus onéreuses. Pour exécuter un mouvement à proximité de l'ennemi, on devait être constamment prêt au combat; cependant on ne pouvait l'être qu'à condition que toute l'armée fût réunie, et cela parce que l'armée entière

seule constituait une unité complète. La deuxième ligne, pour rester toujours à une distance convenable de la première, c'est-à-dire non au delà d'une demi-lieue, était obligée à des marches parallèles, se traînant péniblement par monts et par vaux, à grand renfort d'études topographiques; où eût-on trouvé en effet des routes frayées courant parallèlement à une demi-lieue d'intervalle? Les mêmes difficultés se rencontraient dans la marche de la cavalerie des ailes, quand la ligne de bataille marchait perpendiculairement à l'ennemi. De nouveaux obstacles surgissaient quant à l'artillerie, laquelle avait besoin de sa route particulière couverte par l'infanterie; car l'infanterie devait former deux lignes non interrompues, de sorte que ses colonnes, déjà si longues et si traînantes, le seraient encore devenues davantage par l'adjonction de l'artillerie, qui du reste y aurait porté le désordre quant aux distances. Qu'on lise les ordres de marche dans l'histoire de la guerre de Sept-Ans par Tempelhof, et l'on pourra se faire une idée de toutes ces difficultés et des entraves qu'elles constituaient à la guerre.

Depuis, l'art moderne a donné aux armées une subdivision organique. Les éléments du 1er ordre constituent des unités complètes, pouvant exercer dans les combats les mêmes effets que la totalité, avec la seule différence d'une moindre durée. Dès lors, même lorsqu'on cherche le combat général, on n'est plus obligé de tenir les colonnes tellement rappro-

chées, qu'elles puissent se réunir toutes avant le commencement de. la bataille; il suffit que cette jonction s'opère pendant le combat.

Plus une masse de troupes est petite, plus elle est facile à mouvoir, et moins elle exige ce fractionnement qui n'est pas exigé par l'ordre de bataille, mais par le besoin de mobilité. Une petite troupe marchera donc sur une seule route; et si elle doit avancer sur plusieurs lignes, il se trouvera facilement des chemins peu distants et suffisamment bons pour les circonstances. Plus les masses deviennent considérables, plus aussi le besoin du fractionnement se fait sentir, plus le nombre nécessaire des colonnes, des chemins frayés et des grandes routes augmente, et par conséquent aussi l'éloignement des colonnes entre elles. Or, le danger de ce fractionnement est en raison inverse du besoin qu'on en éprouve. Plus les parties sont faibles, plus elles doivent être rapprochées pour se secourir mutuellement, tandis que plus elles sont fortes, plus elles peuvent être longtemps abandonnées à elles-mêmes. Si l'on se rappelle ce qui a été dit à ce sujet dans le livre précédent, et si l'on considère que dans les contrées cultivées on trouve toujours des chemins assez praticables, courant parallèlement aux grandes routes, à quelques lieues d'intervalle, on comprendra facilement que la disposition d'une marche ne rencontre pas de très-grandes difficultés de nature à rendre incompatibles la *rapidité des mouvements*, ainsi que

la *précision des arrivées*, avec la *réunion des forces* nécessaires à la sûreté de la marche. — C'est dans les montagnes que les routes parallèles sont les plus rares, et les communications de l'une à l'autre les plus difficiles ; mais, en revanche, la résistance que peut déployer une colonne isolée y est beaucoup plus grande.

Pour fixer plus nettement les idées, posons un exemple.

Une division de 8,000 hommes, avec son artillerie et ses équipages, occupe ordinairement, d'après l'expérience, une lieue de profondeur. Si donc deux divisions marchent sur la même route, la seconde arrivera une heure après la première. Or, comme nous l'avons déjà dit au chapitre VI du livre cinquième, une division de cette force est capable de soutenir le combat pendant plusieurs heures, même contre un ennemi supérieur ; la deuxième n'arriverait donc pas trop tard, même dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire si la première était forcée d'engager immédiatement le combat. D'ailleurs, dans les contrées cultivées de l'Europe centrale, on trouvera généralement à droite et à gauche de la grande route, dans la largeur d'une lieue, des chemins latéraux qu'on peut utiliser pour la marche, sans être obligé de marcher à travers champs, comme cela arrivait si fréquemment durant la guerre de Sept-Ans.

L'expérience nous apprend aussi qu'une armée

composée de quatre divisions et d'une réserve de cavalerie accomplit ordinairement avec la tête de colonne une marche de quatre lieues en huit heures, même lorsque les chemins ne sont pas bons; si nous comptons donc une lieue de profondeur pour chaque division, et autant pour les réserves de cavalerie et d'artillerie, nous trouverons que toute la marche sera achevée en treize heures. Ce temps n'est pas excessif, et pourtant, dans le cas supposé, 40 mille hommes environ auraient marché sur la même route. Mais, lorsque la masse est aussi considérable, on peut chercher et utiliser les chemins latéraux à une plus grande distance, et, par conséquent, abréger la marche. Si la masse de troupes destinées à suivre une route était encore plus grande que celle ci-dessus supposée, il ne serait déjà plus indispensable qu'elle arrivât à destination le même jour; car aujourd'hui des corps aussi considérables ne se livrent jamais bataille dans la première heure de leur rencontre, et ils ne le font ordinairement que le jour suivant.

Nous avons eu recours aux applications ci-dessus, non pour épuiser les combinaisons de ce genre, mais pour nous rendre plus intelligibles, et pour faire voir, au moyen de ce coup d'œil jeté sur l'expérience, que, dans la conduite actuelle de la guerre, l'organisation des marches n'offre plus d'aussi grandes difficultés. Les marches les plus rapides et les plus précises n'exigent plus un art particulier, ni une

connaissance aussi exacte de la contrée, ainsi que cela avait lieu pour les marches promptes et précises que Frédéric le Grand a exécutées dans la guerre de Sept-Ans. Moyennant la subdivision organique introduite dans les armées modernes, ces opérations s'exécutent presque spontanément, ou du moins sans nécessiter de laborieux projets. Autrefois la bataille se livrait au signal du commandement, tandis que les marches s'exécutaient d'après des projets étudiés; aujourd'hui, au contraire, ces derniers sont nécessaires pour les ordres de bataille, et les marches ne demandent pour ainsi dire que le signal du départ.

Comme on sait, les marches sont perpendiculaires ou parallèles (au front). Les dernières, qu'on appelle aussi marches de flanc, altèrent la position géométrique des parties; ce qui, dans la position, se trouvait côte à côte, se suit dans la marche, et réciproquement. Il est vrai que la direction de la marche peut faire un angle quelconque avec le front de la position; néanmoins l'ordre de marche doit être franchement de l'une ou de l'autre espèce.

La tactique seule pourrait accomplir cette transposition géométrique jusqu'aux derniers éléments; encore devrait-elle employer pour cela la marche par file, ce qui est inexécutable avec de grandes masses. La stratégie le peut encore beaucoup moins. Dans l'ancien ordre de bataille, les parties dont les relations géométriques s'intervertissaient étaient le cen-

tre et les ailes; dans le nouvel ordre, ce sont les éléments du premier ordre, c'est-à-dire les corps, les divisions ou même les brigades, suivant le module adopté. Or, les conséquences du nouvel ordre de bataille s'étendent même jusqu'ici. En effet, comme il n'est plus aussi nécessaire qu'autrefois que toute l'armée soit réunie avant l'action, on veille plutôt à ce que les troupes qui marchent ensemble constituent une unité complète. Si deux divisions étaient placées dans l'ordre de bataille, l'une en réserve derrière l'autre, et qu'elles dussent marcher à l'ennemi sur deux routes, il ne viendrait à l'esprit de personne de partager chacune des deux divisions entre les deux routes, mais on assignerait sans hésiter une route à chaque division, abandonnant à leurs généraux le soin de se former chacun sa réserve en cas de combat. L'unité du commandement est beaucoup plus importante que la relation géométrique primitive; si les divisions arrivent sans combat dans la position assignée, elles peuvent se replacer dans leur situation relative. Encore moins s'aviserait-on, dans le cas où deux divisions campées de front devraient marcher par le flanc suivant deux routes, de faire suivre la route de derrière par la seconde ligne ou la réserve de chaque division. Chaque division, au contraire, suivra sa route, et l'une sera considérée comme réserve de l'autre. Si une armée de quatre divisions, campée avec trois divisions de front et la quatrième en ré-

serve, doit marcher à l'ennemi dans cet ordre, il est naturel d'assigner une route particulière à chacune des trois divisions du front, et de faire marcher la réserve à la suite de la division du centre. Mais si les trois routes ne se trouvaient pas dans les limites convenables d'écartement, on n'hésiterait pas à marcher sur deux routes, sans qu'il pût en résulter un désavantage notable.

Il en est de même dans le cas inverse des marches de flanc.

Enfin, une armée peut marcher par l'aile droite ou par l'aile gauche. Lorsqu'il s'agit de marches de flanc, la direction de la marche indique naturellement l'aile qui marchera en tête; car personne ne s'avisera de marcher par la droite pour retourner vers la gauche. Dans le cas de la marche en avant ou en arrière, il serait rationnel que l'ordre de marche fût choisi d'après la direction de la route suivie à l'égard de la ligne de bataille qu'on devra occuper. La tactique pourra réaliser cette condition dans la plupart des cas, parce qu'elle opère sur des étendues médiocres, d'où résulte la facilité d'embrasser par la vue les relations géométriques. Dans la stratégie, au contraire, cela est impossible. Il est vrai qu'on a vu parfois transporter quelques analogies tactiques dans la stratégie, mais c'était pure pédanterie. Naguère tout l'ordre de marche était entièrement tactique, parce que l'armée, même en marche, constituait une seule unité, un seul élément com-

plet de combat. Néanmoins lorsque Schwerin, par exemple, marcha le 5 mai en quittant les environs de Brandeis, il ne pouvait évidemment pas savoir si son champ de bataille futur se trouverait sur sa droite ou sur sa gauche, et c'est là ce qui l'obligea à faire sa fameuse contre-marche.

Quand, dans l'ancien ordre de bataille, une armée marchait à l'ennemi en quatre colonnes, les deux lignes de cavalerie de chaque aile formaient les deux colonnes extérieures, et les ailes d'infanterie de chaque ligne les deux colonnes intérieures. Ces colonnes pouvaient partir toutes par la droite ou toutes par la gauche, ou bien l'aile droite par la droite, l'aile gauche par la gauche, ou bien encore l'aile droite par la gauche, l'aile gauche par la droite. Dans le dernier cas, c'était une colonne sur le centre. Pourtant, au fond, toutes ces formes, qui devaient se rapporter à la future formation en bataille, étaient à cet égard parfaitement indifférentes. Lorsque Frédéric le Grand livra la bataille de Leuthen, il avait marché par aile et par la droite en quatre colonnes; de là résulta avec la plus grande facilité la marche à gauche en bataille sur deux lignes, que tous les historiens ont tant admirée. Il se trouva par hasard que c'était l'aile gauche des Autrichiens que le roi voulait attaquer; si, au contraire, il avait voulu tourner leur aile droite, il aurait fallu faire une contre-marche comme à Prague.

Si déjà à cette époque ces formes ne répondaient

pas au but qu'on se proposait, elles seraient maintenant, à plus forte raison, un pur enfantillage. Aujourd'hui, pas plus qu'autrefois, on ne connaît la position du futur champ de bataille à l'égard de la route qu'on suit, et la petite perte de temps qui peut résulter de ce qu'on est parti en ordre inverse a aujourd'hui infiniment moins d'importance qu'autrefois. Ici encore le nouvel ordre de bataille exerce une influence salutaire; il est devenu parfaitement indifférent quelle sera la division qui arrivera la première et quelle brigade ouvrira le feu.

Dans ces circonstances, le choix entre la marche par la droite ou par la gauche n'a donc plus d'autre importance, sinon qu'il peut servir à égaliser les fatigues des troupes, en mettant alternativement la droite et la gauche en tête. C'est là le seul motif, fort important d'ailleurs, qui fait maintenir les deux manières de marcher dans les mouvements des grandes masses.

La marche par le centre, en tant que forme déterminée, tombe naturellement et par les mêmes raisons; elle ne se produira plus qu'accidentellement. Quant à la marche par le centre lorsqu'il s'agit d'une seule colonne, elle serait absurde en stratégie, car elle suppose une route double.

Du reste, l'ordre de la marche dépend plus de la tactique que de la stratégie; c'est la répartition en fractions convenables d'un tout qui doit se reconstituer après la marche. Or, comme dans l'art mo-

derne la réunion exacte des parties a perdu son importance, qu'on laisse au contraire ces parties plus éloignées entre elles et plus abandonnées à elles-mêmes, il peut aussi bien plus facilement en résulter des combats indépendants livrés et achevés par des parties isolées ; voilà pourquoi nous avons jugé nécessaire d'en dire autant.

Du reste, ainsi que nous l'avons vu au chapitre II de ce livre, lorsqu'il n'existe pas de but spécial exigeant une disposition différente, l'ordre de bataille le plus naturel consiste dans les trois grandes masses disposées de front, d'où résultent aussi trois grandes colonnes pour l'ordre de marche le plus naturel.

Il nous reste à remarquer que l'idée d'une colonne stratégique n'est pas restreinte à une seule masse de troupes qui suit une seule route, mais qu'elle comprend toutes celles qui s'y suivent, même à des jours différents. En effet, le fractionnement en colonnes tactiques est motivé principalement par la facilité et la promptitude de la marche, une petite colonne marchant toujours plus rapidement et plus commodément qu'une grande. Or, on peut atteindre ce but en faisant marcher la masse des troupes, non-seulement sur des routes différentes, mais aussi à des jours différents.

—

SUITE.

—

Pour la mesure d'une marche et le temps qu'elle exige, nous devons naturellement consulter les résultats généraux d'expérience.

Pour nos armées modernes, il est admis depuis longtemps qu'une étape de quatre (1) lieues suffit ordinairement à la journée; lorsque la distance est considérable, cette moyenne doit même être réduite à trois lieues, pour compenser les jours périodiques de repos qui sont nécessaires pour remédier à toutes les détériorations.

Une division de 8,000 hommes emploie, pour une étape pareille, huit à dix heures en terrain plat et les chemins étant passables; il lui faut dix à douze heures en pays de montagnes. Si plusieurs divisions sont réunies en une seule colonne, la marche exigera encore une couple d'heures de plus, même si l'on tient compte du délai qu'on laisse écouler avant le départ des divisions qui suivent la première.

---

(1) Cinq lieues communes de France, c'est-à-dire de 25 au degré. (*Note du traducteur.*)

On voit donc qu'une marche de cette étendue remplit déjà passablement bien la journée, et que la fatigue du soldat, chargé pendant dix à douze heures d'armes et de bagages, ne peut pas se comparer à un voyage ordinaire de 4 lieues à pied, qu'un individu isolé accomplit à son aise en cinq heures si les chemins sont tolérables.

Les étapes les plus fortes, lorsqu'elles se présentent isolément, sont de sept, et tout au plus de huit lieues, et, dans les marches prolongées, de six lieues.

Lorsque l'étape est de sept lieues, il faut déjà une halte de plusieurs heures, et une division de 8,000 hommes ne la franchira pas en moins de seize heures, même lorsque les chemins seront bons. Si l'étape est de huit lieues, et si plusieurs divisions marchent réunies, il faut compter sur vingt heures.

Nous entendons parler ici de la marche d'un camp à l'autre et par divisions à la fois, car c'est la forme habituelle des marches qui s'exécutent sur le théâtre de la guerre. Quand plusieurs divisions marchent en une colonne, on rassemble et on fait partir la première un peu plus tôt que les suivantes, ce qui fait qu'elle arrive aussi un peu plus tôt à destination. Toutefois cette différence ne peut pas atteindre tout le temps qui correspond à la profondeur d'une division en marche, c'est-à-dire qu'elle emploie à son découlement. Ce procédé n'épargne donc que peu de fatigue au soldat, et la durée de

toute marche augmente beaucoup avec la quantité des troupes. Dans la plupart des cas, il serait peu praticable de rassembler et faire partir successivement les diverses parties de la division elle-même, c'est pourquoi nous l'avons admise comme unité.

Dans les longs voyages, où les troupes passent d'un cantonnement à l'autre, en marchant par petites subdivisions et sans point de concentration, le chemin parcouru par journée peut être plus grand d'une manière absolue; mais dans ce cas il l'est déjà en dehors de la distance utile, à cause des détours que causent les cantonnements.

Mais les marches dans lesquelles les troupes doivent journellement se concentrer en divisions ou même en corps d'armée, tout en se disloquant en cantonnements pour loger, demandent le plus de temps. Aussi ne conviennent-elles que dans les contrées riches et pour des masses considérables de troupes, parce qu'alors la facilité de l'alimentation et la qualité du logement procurent au soldat une compensation suffisante pour la prolongation de la fatigue. Dans sa retraite de 1806, l'armée prussienne suivit incontestablement un système vicieux en prenant chaque nuit des cantonnements dans le but de faciliter l'entretien des troupes. Les vivres auraient aussi bien pu être apportés dans les bivouacs, et l'armée n'aurait pas employé quatorze jours pour faire 70 lieues, malgré ses fatigues excessives.

Ces données relatives aux temps et aux distances souffrent toutefois de telles modifications par l'effet

des mauvais chemins ou en terrain montueux, qu'il devient difficile d'estimer avec quelque certitude dans la pratique le temps nécessaire à une marche déterminée, et, par conséquent, il le serait encore davantage de fixer des chiffres d'une application générale. La théorie doit donc se borner à attirer l'attention sur le danger continuel des mécomptes. Pour les éviter, il faut calculer avec la plus grande circonspection et faire une large part aux retards imprévus. Les circonstances atmosphériques et l'état des troupes influent aussi sur le résultat.

Depuis la suppression des tentes, et depuis qu'on nourrit les troupes en réunissant les aliments par des moyens de contrainte, les équipages des armées sont sensiblement diminués, ce qui a naturellement pour première conséquence de rendre les mouvements plus rapides, et par suite d'allonger les étapes. Toutefois ceci n'est applicable que dans certaines circonstances.

Sur le théâtre même de la guerre, la rapidité des marches a peu gagné à cette modification, car on sait que, dans tous les cas où le but qu'on avait en vue exigeait des étapes dépassant la mesure habituelle, on laissait les équipages en arrière ou on les envoyait en avant, en les séparant des troupes pour tout le temps que durait le mouvement en question. Par conséquent, les équipages n'exerçaient ordinairement aucune influence sur le mouvement; car, dès qu'ils cessaient d'entraver directement la marche, on ne s'en occupait plus, quelque dommage

qu'ils puissent en éprouver du reste. C'est pourquoi nous trouvons dans la guerre de Sept-Ans des marches qui aujourd'hui encore ne peuvent être dépassées; nous n'avons qu'à citer comme preuve la marche de Lascy en 1760, quand il devait appuyer la diversion des Russes sur Berlin. Il franchit en dix jours la distance de Schweidnitz à Berlin en traversant la Lusace. Or, cette distance est de soixante lieues, ce qui correspond à une étape moyenne de six lieues. Pour un corps de 15 mille hommes, cela serait encore extraordinaire aujourd'hui.

D'un autre côté, la modification du système d'entretien des troupes a rendu aux mouvements des armées modernes une nouvelle propriété remarquable. Lorsque les troupes doivent se procurer elles-mêmes une partie de leurs aliments, ce qui arrive fréquemment, elles ont besoin pour cela de plus de temps qu'il n'en faudrait pour la distribution du pain, si l'armée en avait conduit un approvisionnement avec elle. De plus, lorsque les marches se prolongent, on ne peut pas faire camper les troupes en aussi grandes masses concentrées, mais on est obligé d'espacer les divisions afin qu'elles trouvent plus facilement leur subsistance. Enfin, il est rare aussi qu'une partie de l'armée, nommément la cavalerie, ne soit pas cantonnée. Tout cela constitue, dans son ensemble, des embarras et des retards assez sensibles. C'est pourquoi nous voyons Napoléon poursuivant et voulant couper l'armée prussienne en 1806, et Blücher, agissant de même à l'égard de l'armée

française en 1815, ne faire chacun qu'environ quarante lieues en dix jours. Or, cette vitesse, Frédéric le Grand a su la réaliser aussi dans ses marches de Saxe en Silésie, et *vice versâ*, malgré les équipages qu'il traînait à sa suite.

Néanmoins, la mobilité et la *maniabilité*, si l'on peut s'exprimer ainsi, des grandes et des petites masses de troupes sur le théâtre de la guerre, ont sensiblement gagné par la diminution des équipages. D'un côté, on a moins de chevaux, à quantité égale de cavalerie et d'artillerie, ce qui réduit les soucis relatifs au fourrage. D'un autre côté, on est plus indépendant dans le choix de ses positions, parce qu'on n'est plus tenu d'avoir constamment égard à l'interminable queue d'équipages qu'on traînait à sa suite.

Aujourd'hui, quand même on aurait affaire à l'adversaire le plus timide, on n'oserait plus risquer des marches comme celle que Frédéric le Grand fit en 1758, après le siége d'Olmütz. Il y avait 4,000 voitures, et il fallut pour les protéger la moitié de l'armée fractionnée en bataillons et même en pelotons.

Dans les longs voyages, comme ceux du Tage au Niémen, cet allégement d'une armée est sans doute plus sensible ; car, quoiqu'à cause des autres voitures, la longueur ordinaire des étapes reste la même, on peut pourtant, dans les cas d'urgence, dépasser cette longueur sans qu'il en coûte autant.

En résumé, la diminution des équipages réalise plutôt une économie de forces qu'une accélération des mouvements.

SUITE.

Nous nous occuperons maintenant de l'influence destructive que les marches exercent sur les forces armées ; elle est si grande, qu'on serait tenté de la placer comme un élément actif, spécial, à côté du combat.

Une seule marche modérée n'émousse pas encore l'instrument ; mais une série de marches modérées le fait déjà, et une suite de marches pénibles le fait naturellement beaucoup davantage.

Sur le théâtre de la guerre lui-même, l'insuffisance de la nourriture et du logement, les mauvais chemins, effondrés par le passage des voitures, la gêne incessante qu'impose la nécessité d'être toujours prêt au combat, toutes ces causes amènent une dépense disproportionnée de force qui ruine les hom-

mes, les animaux, le matériel et les équipements.

On a coutume de dire qu'un long repos nuit au bien-être physique d'une armée, et y développe des maladies qu'une activité modérée fait éviter. Sans doute il pourra naître et il naîtra des maladies lorsque les soldats seront entassés dans des quartiers trop étroits; mais la même chose aura lieu évidemment si ces quartiers sont des cantonnements de marche. Ce n'est certes pas le manque d'air et de mouvement qui peut causer ces maladies, car il est trop facile de les procurer aux soldats au moyen des exercices.

Qu'on pense seulement quelle différence cela constitue pour l'organisme troublé et chancelant d'un homme de devenir malade dans une chambre ou au milieu d'une grande route, chargé de bagage, dans la boue ou dans la pluie. Si cela arrive au camp, on le transportera aisément jusqu'à un village voisin, et il ne se trouvera pas complétement privé de secours; au milieu de la marche, au contraire, il pourra rester pendant plusieurs heures étendu sans assistance aucune, pour se traîner ensuite au loin comme retardataire. Combien de maladies légères deviendront graves ainsi, ou mortelles quand elles n'étaient que graves. N'oublions pas que dans la poussière et sous le soleil ardent de l'été, une marche même modérée peut causer le plus dangereux échauffement, au milieu duquel le soldat, torturé par une soif brûlante, se rue sur l'eau glacée des sources, et se donne la maladie et la mort.

En présentant ces considérations, notre dessein

n'est certes pas de restreindre l'activité à la guerre; l'instrument est là pour être employé, et si l'usage le détériore, c'est une conséquence de la nature des choses. Seulement nous désirons que chaque chose soit remise à sa place, et nous attaquons seulement ces fanfaronnades théoriques, d'après lesquelles les secousses les plus violentes, les mouvements les plus rapides et l'activité la plus continue ne coûteraient absolument rien, tandis qu'on les dépeint au contraire comme de riches mines que l'indolence du général en chef laisserait inexploitées. Il en est de ces mines comme des extractions d'or et d'argent; bien des gens ne considèrent que le produit, sans s'enquérir de la valeur du travail qu'il a fallu pour le réaliser.

Dans les longs voyages, en dehors du théâtre de la guerre, les conditions d'exécution de la marche sont moins dures, il est vrai, et par suite les pertes journalières se réduisent. Mais, par contre, tout homme affecté de la plus légère maladie est alors ordinairement perdu pour longtemps, parce que les hommes guéris ne parviennent plus à rejoindre l'armée tant qu'elle n'interrompt pas sa marche.

Dans la cavalerie, le nombre de chevaux blessés ou boiteux augmente suivant une progression croissante, et dans les trains de voitures bien des organes se détériorent et entravent la marche. D'après cela, une armée, après avoir marché 150 lieues et plus, ne manque jamais d'arriver très affaiblie, surtout en cavalerie et en voitures.

Lorsqu'un tel trajet doit être accompli sur le théâtre même de la guerre, c'est-à-dire en vue de l'ennemi, les inconvénients de cette nouvelle condition se combinent avec les précédents, et alors les pertes peuvent atteindre des proportions incroyables, surtout si les masses sont grandes et les circonstances généralement défavorables.

Citons quelques exemples pour fixer les idées.

Le 24 juin 1812, quand Napoléon passa le Niémen, l'énorme armée centrale avec laquelle il marcha plus tard sur Moscou, était forte de 301 mille hommes. A Smolensk, le 15 août, il s'en trouvait 13,500 de détachés; d'après cela, il aurait dû rester 287,500 hommes. Cependant l'effectif n'était plus que de 182,000 hommes, ce qui porte la perte à 105,500 hommes (1).

Si l'on considère que jusque-là il n'y avait eu encore que deux combats notables, l'un entre Davoust et Bagration, l'autre entre Murat et Tolstoy-Ostermann, on ne pourra pas estimer au delà de 10,000 hommes la perte que les armes ont fait éprouver à l'armée française; donc le déchet en malades et en traîneurs s'éleva, en cinquante-deux jours, et pour un trajet direct de 95 lieues, à 95,000 hommes, c'est-à-dire environ au tiers de toute l'armée.

(1) Tous ces chiffres sont tirés de Chambray. (*Note de l'auteur.*)

Trois semaines plus tard, à l'époque de la bataille de la Moskowa (Borodino), la perte montait déjà à 144,000 hommes (y compris celles éprouvées dans les combats), et huit jours après, à Moscou, elle se trouvait être de 198,000 hommes. En général, les pertes que cette armée éprouvait par jour ont été, dans la première des périodes ci-dessus, d'un cinquantième de la force primitive; dans la seconde, d'un cent vingtième, et dans la troisième, d'un dix-neuvième de cette force.

Le mouvement de Napoléon, depuis le passage du Niémen jusqu'à Moscou, doit sans doute être considéré comme continu; cependant il ne faut pas oublier qu'il a duré quatre-vingt-deux jours, pendant lesquels on n'a franchi que 160 lieues, et que l'armée française a fait deux haltes formelles: la première fois à Wilna, environ quatorze jours; la seconde fois près de Witepsk, environ onze jours, ce qui a procuré à maint retardataire le temps de rejoindre. Pendant ces quatorze semaines de marche en avant, la saison et les chemins n'étaient pas des plus mauvais, car c'était en été, et les chemins qu'on suivait étaient pour la plupart sablonneux. Mais les conditions particulièrement onéreuses de cette marche étaient la grandeur de la masse de troupes concentrée sur une seule route, l'insuffisance des moyens de subsistance et la présence d'un adversaire en retraite, mais non en fuite.

Quant à la retraite de l'armée française, ou plutôt

sa *marche en avant*, depuis Moscou jusqu'au Niémen, nous n'en dirons rien. Nous nous bornerons à remarquer que l'armée russe qui suivait ce mouvement était forte de 120 mille hommes en quittant les environs de Kaluga, et ne l'était plus que de 30 mille en arrivant à Wilna. Or, chacun sait combien elle a peu perdu par les combats dans cet intervalle de temps.

Nous citerons encore un exemple, pris dans la campagne de 1813, en Silésie et en Saxe, sous Blücher. Cette campagne ne comprend pas de trajets de longue haleine comme celle de Russie, mais se distingue par la fréquence des mouvements dans diverses directions. Le corps d'York, de l'armée de Blücher, était fort de 40 mille hommes environ quand il ouvrit la campagne, le 16 août; et le 19 octobre, à Leipzig, il en restait 12 mille. Les combats principaux que ce corps a livrés, près de Goldberg et de Loewenberg, à la bataille de la Katzbach, près de Wartenburg, et à la bataille de Moeckeren (Leipzig), lui coûtèrent environ 12 mille hommes, d'après les données des meilleurs écrivains. Ainsi, les autres pertes s'élevèrent en huit semaines à 16 mille hommes, ou aux deux cinquièmes du tout.

On doit donc s'attendre à une grande détérioration de ses propres forces, lorsqu'on veut faire une guerre féconde en mouvements; il faut combiner son plan en conséquence, et tenir compte surtout des renforts qu'il convient de faire suivre.

EXPÉRIENCES DE BAPAUME.

DE L'EXÉCUTION DES BRÈCHES PAR LA MINE.

Objet des expériences.

1. Les expériences qui font l'objet de cette partie du rapport avaient pour but de vérifier les règles prescrites sur l'emploi de la mine dans l'exécution des brèches, d'éclaircir des questions non encore complétement étudiées, de comparer dans les mêmes circonstances la poudre de guerre et le pyroxyle, enfin d'exercer les mineurs à des opérations qu'ils n'ont pas l'occasion de faire dans les écoles régimentaires.

Division du rapport.

2. Ce rapport est divisé en quatre chapitres.

Le chapitre Ier se compose de l'examen des expériences connues et des principes admis sur la manière de faire les brèches par la mine avec la poudre et le pyroxyle, des conclusions qui en résultent, des questions qu'il soulève.

Le chapitre II donne le programme général des expériences arrêté à Bapaume ; il expose la direction des travaux, les moyens de sûreté employés, et il donne le compte rendu des expériences avec leurs motifs et les conséquences qui en résultent.

Le chapitre III présente le résumé général du compte rendu des expériences et des conclusions tirées dans le chapitre II.

Le chapitre IV contient les procès-verbaux des expériences avec un tableau récapitulatif qui les résume toutes; il est terminé par les pièces justificatives, comprenant les ordres de sûreté, etc. Le tableau seul est imprimé ici; les autres pièces du chapitre IV sont classées au dépôt des fortifications.

CHAPITRE PREMIER.

3. Expériences connues et principes admis sur la manière de faire brèche par la mine avec la poudre et le pyroxyle. — Conclusions qui en résultent, questions qu'ils soulèvent.

4. Quoique la mine ait été employée pour faire des brèches dès les premiers temps de l'invention de la poudre, les principes suivis dans leur exécution ne sont pas encore assez bien établis, pour qu'il ne soit pas utile, avant de procéder à de nou-

velles expériences, de passer en revue celles qui ont été faites autrefois et dont on a gardé des procès-verbaux, ainsi que les formules et les opinions des auteurs qui ont écrit sur les mines. Cet examen devra se diviser en cinq sections relatives

A l'attachement du mineur aux escarpes;

A l'emplacement et à la charge des mines destinées à faire des brèches aux escarpes et aux contrescarpes, et à celles destinées aux simples démolitions;

A la résistance des galeries;

Aux expériences nouvellement faites sur le pyroxyle, à sa nature chimique, et à ses effets comparés à ceux de la poudre;

A la nomenclature et aux formules à employer dans les mines.

Attachement du mineur.

5. Vauban attachait le mineur à environ 2 pieds au-dessus du fond du fossé; il regardait cette opération comme difficile et dangereuse, et conseillait d'amener une pièce dans le chemin couvert, ou au pied de la descente, pour tirer quelques coups et faire un trou où le mineur pût se loger d'entrée de jeu. Il préférait cela aux madriers avec lesquels on abrite le mineur.

On trouve la même opinion très développée dans le *Dictionnaire militaire* de La Chesnaye du Bois,

édition de 1758, articles *Brèche* et *Mineur*. Il conseille de ne se servir des madriers que lorsque la nécessité rend cette méthode nécessaire; mais de préférer la méthode « plus nouvelle, plus « prompte et en même temps plus certaine, qui « consiste à placer à droite et à gauche des des- « centes, vis-à-vis l'endroit où on veut attacher « le mineur, une ou deux pièces de batterie avec « lesquelles on perce et enfonce le mur jusqu'à la « terre. »

6. Les fusées portant un boulet ont été essayées pour remplir le même objet que le canon, mais sans succès.

7. On a proposé d'employer l'explosion d'un sac de poudre contrebuté par quelques sacs à terre pour briser le parement de l'escarpe; l'expérience n'a pas donné de résultats satisfaisants.

8. Le comité des fortifications (avis du comité en 1847) conseille d'essayer de passer par dessous les murs, en s'enfonçant par un puits, quand on ne doit rencontrer ni eau ni roc. (Cela est aussi conseillé dans l'*Aide-mémoire* du capitaine Laisné.)

9. Le comité recommande aussi, conformément à l'idée du commandant Révél, de faire deux attaques à 3 mètres l'une de l'autre, pour être sûr que l'une d'elles ne rencontrera pas les contre-forts.

Emplacement et charge des mines destinées à faire brèche aux escarpes.

10. Tous les ingénieurs sont d'avis que, pour faire une brèche, il vaut mieux mettre un peu trop de poudre que pas assez; qu'il faut cependant ne pas projeter au loin les débris; qu'il faut diviser les terres pour que la rampe soit immédiatement praticable : ils entendent tous que les brèches ne sont pas de simples démolitions.

11. Les préceptes de Vauban sur la charge et l'emplacement des fourneaux de brèche laissent beaucoup à désirer; il semble que ce soit une suite de notes faites à des époques différentes, peut-être après lui, réunies malgré plusieurs contradictions; il est important de les discuter avec soin, car les traités de mines sont fort peu explicites sur ce sujet : au moins Vauban traite les questions, et il y a un grand intérêt à les discuter avec lui. Les citations qui suivent se rapportent à l'édition du commandant Augoyat, 1829. Nous mettons en regard les observations auxquelles elles donnent lieu. Pour rendre comparables les tables et les formules de Vauban aux formules métriques adoptées actuellement, nous les transformerons en formules métriques et analogues à celle $c = 1,45\,h^3$, qui donne en kilogrammes la charge du fourneau ordinaire en terre ordinaire pour une ligne de moindre résistance h en mètres. (Voir § 53, les notations et formules.)

Pages.	CITATIONS DE L'ATTAQUE DES PLACES.	OBSERVATIONS de la Commission.
171	Pour enlever une toise cube de terre, il faut 12, 15, 18 livres de poudre, et 20 à 25 livres pour les grosses maçonneries solides de longtemps rassises.	Les mineurs admettent encore cela aujourd'hui. Cela est reproduit dans Belidor, *Œuvres diverses*, 1751.
172	Si on fait une mine en terrain dont la superficie soit de niveau (pl. 1, fig. 1), son effet formera un cône tronqué et renversé, la pointe en bas, dont la base sera double de la hauteur du cône.	On admet aussi aujourd'hui le cône tronqué, dont la hauteur est h, et dont la petite base a pour diamètre h, la grande base $2h$, et dont la solidité égale $1,83\,h^3$.
173	Supposez que vous ayez à faire brèche dans un rempart qui vous paraisse de 32 pieds d'élévation, si vous en rabattez 6 pour la hauteur du parapet restera 26 pour l'élévation du rempart que vous voulez ouvrir. La galerie n'aura que le tiers ou la moitié au plus de cette hauteur, c'est-à-dire 13 pieds, de peur que, si on la poussait plus loin, la mine ne fît son effet du côté de la place.	L'expérience de Metz, § 30, l'opinion du général Guilmain, § 33, devaient faire penser que cette crainte n'était pas fondée; les expériences 6, 7, 25 et 32, à Bapaume, sont venues mettre cette opinion hors de doute.
174	L'éboulis d'une mine fait l'effet d'un cône rectangle renversé dont la pointe est vers le milieu de la chambre du fourneau, le diamètre de sa base le double de sa profondeur h, et le solide égal au cube de cette ligne h^3.	Ceci est en contradiction avec le paragraphe de la page 172.
175	Pour savoir la quantité de poudre dont vous devez charger la mine, il n'y a qu'à multiplier h^3 par 15 livres, viendra, pour $h = 4$ toises, 960 livres, à laquelle, ajoutant 1/5 en considération de la maçonnerie et des humidités, viendra 1152 livres pour la charge la plus raisonnable de cette mine.	Cette charge revient à $c^k = 1,08\,h^3$, et à $c = 1,24\,h^3$. *Idem*, à $c^k = 124\,h^3$.
176	Il faut établir le fourneau A de sorte que l'effort se fasse du côté B (l'escarpe), non du côté C (le terre-plein). Pour connaître le degré de faiblesse qu'il faut donner à AB par rapport à AC, on a réglé la profondeur de la galerie dans les terres sur le pied de la moitié de la hauteur du rempart, de telle sorte que, s'il y a 30 pieds de haut, le mineur doit s'enfoncer de 12 à 15 pieds.	Répétition de la page 173 de l'*Attaque des places* (voir ci-dessus).
177	*Première démonstration.* Si la chambre était poussée aussi avant dans les terres que le rempart a de hauteur (pl. 1, fig. 2),	Cette démonstration est renversée par les expériences citées ci-dessus à

Pages.	CITATIONS DE L'ATTAQUE DES PLACES.	OBSERVATIONS de la Commission.
	il est certain que l'effet se ferait du côté de C comme le plus faible, et, pour lors, l'excavation formant le cône renversé EDF, toute la muraille de F en B resterait debout.	l'observation relative à la page 173.
	Deuxième démonstration. **Faisant la chambre de 12 à 15 pieds de profondeur égale à la moitié de la hauteur du rempart, tout l'effort se fera du côté de B comme le plus faible, et pour lors l'effet cherchera à former le cône HAI; mais, étant empêché par le bas de B à I, l'effort, ne perdant rien, se retournera d'autant vers le haut qu'il a été retenu, et par conséquent de H à K, de sorte que l'effet de la mine fera l'excavation BAK qui est toute la muraille, qui, tombant entière, entraînera avec elle, non-seulement les terres qu'elle avait à soutenir, mais encore celles que l'effort de la mine aura ébranlées.**	Ce second raisonnement, pour motiver l'enfoncement de la charge, mérite plus de considération; il n'est pas contredit directement par l'expérience des brèches; mais il ne paraît pas exact non plus, car si on l'appliquait à une mine D placée comme dans la figure 3, pl. 1, il ne paraît pas qu'un mineur puisse conclure que l'entonnoir sera augmenté d'autant vers le fossé qu'il est diminué du côté de l'escarpe. On aurait un maximum de cette augmentation, en considérant, d'après l'idée du chef d'escadron Didion, l'entonnoir qui se produira comme la moitié de celui qu'on aurait si, l'escarpe n'y étant pas, on avait en D une charge double. L'escarpe faisant l'effet d'un plan inflexible qui séparerait deux moitiés de fourneaux, cette méthode de calculer l'entonnoir, qui mérite d'être signalée et expérimentée, donnerait BC = 1,26 BD.
479	**Table pour les différentes grandeurs de mines dont on peut se servir dans les siéges, réglées suivant la moindre épaisseur des terres qu'elles ont à chasser (calculée à raison de 18 livres par toise cube).** **Pour une brèche, Vauban ajoute 1/3, ou 1/4 aux charges de cette table, page 484.**	Cette table revient à $c = 1{,}24\ h^3$; avec un tiers en sus, elle revient à $c = 1{,}65\ h^3$; avec un quart, à $c = 1{,}55\ h^3$. Elle est reproduite dans Belidor, *Œuvres diverses*, page 154, édition de 1758. La table de Vallière revient à $c = 1{,}42\ h^3$.
480	**Au défaut de cette table, prenant le cube de la moindre épaisseur (en pieds) et retranchant la dernière figure, le reste**	Le titre de la table dit qu'elle est faite à raison de 18 livres, non de 15, ce qu'on peut vérifier par les chiffres.

Pages.	CITATIONS DE L'ATTAQUE DES PLACES.	OBSERVATIONS de la Commission.
	sera la quantité nécessaire sur le pied de 18 livres par toise cube, nombre assez conforme à celui de la table, parce qu'on l'a faite à raison de 15 livres par toise cube.	
482	Quand il s'agit d'ouvrir de grandes élévations, il vaut mieux séparer la mine en plusieurs chambres, de sorte que, s'il s'agissait d'ouvrir un rempart de 80 pieds de haut, la quatrième colonne donnerait 5258 livres, et, en ce cas, on pourrait pousser la galerie en avant de 6 pieds de moins, ajouter environ le tiers de 5258, viendrait 7040 livres de poudre pour la vraie charge, qui, divisée en trois, produirait une mine tréflée à trois chambres de 2336 ; mais, attendu que celle du milieu doit être enfoncée de 7 à 8 pieds plus que les autres, j'y mettrais 3040 livres de poudre et 2000 livres dans chacune des autres. Ce qui ne pourrait manquer de produire un grand effet. (Cette instruction est reproduite dans Belidor, *Œuvres diverses*, page 158, édition de 1758.)	Vauban détermine ici la charge d'un seul fourneau, qu'il divise en trois, sans indiquer à quelle distance il les place l'un de l'autre, et tout le reste, quoique probablement bon dans ce cas, manque du caractère d'une règle.
483	Le plus sûr est de fortifier toujours la charge, le plus ne pouvant faire de mal, si bien ferait le moins.	
492	Différences des mines. La mine directe est celle qui n'a qu'une galerie et qu'une chambre établie, pour l'ordinaire, à la racine des contre-forts et emploie plus de poudre à proportion que les autres.	Cette règle, quoique différente dans la forme, revient, au fond, à celle des pages 173 et 176. Vauban n'avait pas parlé dans les chapitres précédents de graver les fourneaux dans les maçonneries, comme on le fait dans la figure de l'*Attaque des places*.
493	Mine double ou en T, celle qui, après avoir percé l'épaisseur du revêtement, se sépare en deux rameaux qui vont chercher la racine des deux contre-forts voisins dans la solidité desquels on les loge. Mine triple, celle où, non content de deux fourneaux séparés, on en pousse un troisième dans les terres qui va chercher le derrière des contre-forts ; celle-ci en embrasse ordinairement trois et procure un grand éboulis de terre et une profonde excavation quand elle réussit bien ; mais les porte-feux doivent être égalés avec	C'est l'idée de la disposition de Cormontaigne, mais il s'enfonce plus dans les terres. Il faut remarquer cette crainte, dont la supériorité de nos saucissons ne doit pas nous préserver entièrement.

Pages.	CITATIONS DE L'ATTAQUE DES PLACES.	OBSERVATIONS de la Commission.
	une grande justesse, autrement il y aurait danger que celui de quelqu'un de ces fourneaux ne s'étouffât. La conduite des galeries ne doit pas être directe, il faut au moins la briser deux ou trois fois et faire mettre des feuillures de 4 à 5 pouces de large.	Dans la figure de Vauban, les rameaux font deux retours dans la maçonnerie; il y a là exagération de précautions au détriment de la rapidité d'exécution.
	Profil en travers d'une mine qui joue (fig. 11). Vue de front d'une mine qui joue (fig. 12). Nous reproduisons ici (pl. 1, fig. 4) la figure 11 seulement.	Ces figures n'ont aucun renvoi au texte de Vauban; on doit croire qu'elles sont d'un dessinateur qui n'avait jamais vu de mine, et qu'elles ont été ajoutées après coup. Elles donnent une idée tout à fait fausse de la manière dont une mine ouvre une escarpe avec des charges comme celles de Vauban. On sait, en effet, que la maçonnerie fait ventre, est lancée horizontalement à une petite distance peu différente de la hauteur de l'escarpe, sans fumée, et que les terres achèvent de couler en recouvrant les décombres.

Conclusions.

On voit que les charges de Vauban étaient plus faibles que celles qu'on emploie actuellement; qu'il sentait qu'elles l'étaient trop; qu'il a admis quelquefois la règle des mineurs, qui est celle suivie actuellement pour la terre ordinaire; qu'il finissait toujours par conclure que le trop était moins à craindre que le trop peu, dans les cas des brèches, mais cela pourtant dans des limites assez resserrées; qu'on ne s'éloigne pas de ses idées en chargeant de

une fois un quart la charge actuelle du fourneau ordinaire; que Vauban avait l'intention d'enfoncer la charge très avant dans les terres, et qu'il adoptait moitié de la hauteur du fossé au terre-plein : s'il ne l'enfonce pas plus, c'est par une crainte qui n'est pas fondée; qu'il y a donc lieu de l'enfoncer au moins autant que lui; qu'il croyait que lorsque l'on ne le fait pas, lorsqu'on se tient contre les maçonneries de l'escarpe, il faut charger plus fort.

Dispositif de Cormontaigne (Pl. 1, fig. 5).

12. Le dispositif de Cormontaigne est fait pour un saillant : il place ses fourneaux (fig. 4) sur l'alignement de la queue des contre-forts à 10 mètres de distance les uns des autres; il ne s'assujettit pas à les mettre vis-à-vis des contre-forts; il enfonce ses fourneaux à une distance égale à la longueur des contre-forts. (Vauban prenait, pour cette distance, moitié de la hauteur du terre-plein du rempart au fond du fossé). Dans l'exemple de Cormontaigne, ces deux quantités se confondent. Le fourneau en arrière doit partir un peu après les autres. Cet ingénieur charge d'après la règle des mineurs, qui revient à $c=1,45\,h^3$. Il croit qu'il vaut mieux forcer cette charge que la diminuer, mais qu'il y aurait de l'inconvénient à la forcer trop de manière à lancer des débris dangereux dans les tranchées et à escarper la brèche.

Dans l'*Aide-mémoire Laisné*, 1re édition, page 349, on dit, à propos de cette méthode, qu'il est bon de ne pas renverser le saillant, attendu qu'il peut servir de masque pour le passage du fossé. Vers 1722, on enseignait dans les écoles d'artillerie à faire brèche en dehors du saillant.

Dispositif de Gillot (Pl. 1, fig. 6).

13. On trouve dans Gillot, page 159 : Après que le mineur s'est abrité avec des madriers de 3 mètres de long sur 0m33 de large et 0m10 d'épaisseur, il ouvre l'œil de la mine à 1 pied au-dessus de l'eau; il s'enfonce par une galerie horizontale; arrivé dans les terres, il perce à droite et à gauche, il place les chambres de mine à moitié dans la maçonnerie, ne négligeant pas de les mettre dans les contre-forts, quand il peut; il espace les fourneaux de deux fois la ligne de moindre résistance, de manière que les entonnoirs soient tangents; entre les fourneaux placés derrière le revêtement, il en met d'autres plus en arrière dans les terres.

Gompertz.

14. Gompertz a un chapitre sur les démolitions seulement (*Traité des mines*, page 223). Il en parle très au long. Il pose en principe que les charges dans les maçonneries sont proportionnelles à la qualité des milieux.

Lefebvre.

15. Lefebvre, page 14, dit : Si c'est une mine pour faire brèche, il importe peu qu'elle soit dans la maçonnerie ou dans les terres, pourvu qu'il y ait assez de résistance vers le haut pour faire l'effet désiré.

Général Chasseloup. Fourneau surchargé.

16. Dans l'*Essai sur quelques parties de l'artillerie et des fortifications*, le général Chasseloup dit qu'il faut faire les démolitions de fortification avec des fourneaux surchargés, parce qu'on efface bien mieux les parapets, et qu'on regagne en déblais de terre ce qu'on perd en poudre. Pour les fourneaux surchargés, il prend $n=2$ et il admet que les charges doivent être augmentées simplement dans le rapport du rayon des entonnoirs et non dans celui des cubes des rayons d'explosion, ce qui montre qu'il avait remarqué que les murs verticaux ne se comportaient pas comme les terres horizontales.

Idem. Effet du vide.

17. Après avoir fait l'essai des différents vides autour des chambres de poudre, il conclut que le vide égal à dix fois le volume de la charge est celui qui augmente le plus l'effet de la poudre dans les terres

ordinaires ; que le vide doit être d'autant plus augmenté que la terre a moins de ténacité. (Voir sur ce sujet le *Mémoire sur l'action de la poudre dans les pétards, les mines et les armes à feu ; Mémorial de l'officier du génie*, n° 7.)

Idem. Fourneaux dans les angles.

18. Il fait remarquer que les fourneaux placés dans les angles aigus font plus d'effet que ceux placés dans les angles obtus, ceux-ci que dans les surfaces droites, et ces derniers que dans les angles rentrants ; que si on appelle (a) l'angle de démolition dont le sommet est au centre du fourneau et les côtés tangents aux excavations, une même charge, placée d'une manière semblable pour démolir une escarpe droite, un angle saillant ou un angle rentrant, produira des angles de démolition qui seront entre eux comme a, $a + 90$; $a - 90$.

Citadelle de Milan.

19. La destruction de la citadelle de Milan en l'an IX fut entièrement un travail de démolition. Les beaux dessins des commandants Rossi et Chevalot montrent clairement que lorsqu'on n'avance pas assez les fourneaux dans les terres, on détruit les escarpes, mais que les terres s'éboulent mal, et qu'on court risque de n'avoir pas de brèche pra-

ticable ; qu'au contraire on a de belles brèches avec des fourneaux enfoncés dans les terres et surchargés.

La terre était réputée terre ordinaire ; les escarpes avaient 13 mètres de hauteur, 2 mètres d'épaisseur en bas, $1^m,60$ en haut, avec talus extérieur au 1/4, talus intérieur au 1/5, contre-forts de 1 mètre d'épaisseur et $5^m,60$ de queue, espacés de 4 mètres, reliés dans le haut par des voûtes de $0^m,65$ d'épaisseur ; les fourneaux avec $3^m,25$ de ligne de moindre résistance étaient incrustés dans les contre-forts et chargés de $78^k,30$, ce qui correspond à 1 fois 1/2 la charge des tables § 53 ou $3/2$ $1,45\ h^3$ dans la terre ordinaire ; les maçonneries furent très fortement projetées, formant dans le bas un talus au 1/5 environ, raccordées avec des talus en terre presque verticaux dans le haut. Sur dix exemples pris au front AB, il n'y a que 2 brèches qu'on pourrait peut-être escalader, mais difficilement ; au contraire, dans les brèches faites avec 3 fourneaux, deux espacés de 4 mètres avec $2^m,27$ de ligne de moindre résistance, chargés chacun de $50^k,80$, et un en arrière avec $5^m,50$ de ligne de moindre résistance, chargé de $50^k,80$, les brèches sont très praticables.

Dans les contrescarpes de $5^m,30$ de hauteur, $1^m,50$ d'épaisseur à la base, avec des fourneaux de $1^m,62$ de ligne de moindre résistance, chargés de $19^k,60$, on avait des brèches à peine praticables. Il faut

remarquer que ces 19k,60 étaient égaux à trois fois la charge en terre ordinaire, tandis que, pour les hautes escarpes, on n'avait été que jusqu'à une fois et demie.

20. Les expériences de Milan furent terminées par des brèches faites dans les hautes escarpes décrites ci-dessus, avec un seul fourneau mis à la queue des contre-forts. Le fourneau avait 6m,80 de ligne de moindre résistance chargé de 1,280 kilogrammes, qui correspondent à un coefficient 2,80 par rapport à la charge en terre ordinaire. Le rayon de l'entonnoir fut de 13m,70, c'est-à-dire qu'on eut $n=2$ et les entonnoirs très évidés, ce qu'on n'aurait obtenu dans un terrain horizontal qu'avec une charge 6,8 fois celle ordinaire. (Ce résultat se rapproche de ceux indiqués par la loi du général Chasseloup, § 16 ci-dessus.) La projection des débris alla à plus de 100 mètres. Cependant les brèches étaient très praticables, contrairement à l'opinion de Cormontaigne (page 136, *Attaque des places*, édition de 1809).

On voit donc que les fourneaux bien engagés dans les terres font de bonnes brèches soit avec la charge ordinaire, soit avec des charges doubles et triples.

Démolition d'Ulm en 1806 (Pl. 1, fig. 7 et 8).

21. M. le commandant Breuille, qui dirigea la

démolition d'Ulm en 1806, se proposa de supprimer presque complétement le bourrage.

La maçonnerie était réputée correspondre à $1^k,25$ par mètre cube, la terre à $0^k,75$.

22. Le puits n° 1 (pl. 1, fig. 6) fut fait en 8 heures, le fourneau en 1/2 heure, la charge en 1/4 d'heure; elle était de 36 kilogrammes. Dans la terre ordinaire, la ligne de moindre résistance $h = 1^m,70$ correspondrait à une charge $c = 9^k,5$; avec le coefficient 1,25, c'eût été $11^k,87$. On mit devant la charge un masque de deux madriers de $0^m,09$ arcboutés, sans autre bourrage. Il y eut une forte détonation, la contrescarpe fut enlevée sur 7 mètres, les décombres n'allèrent pas à 8 mètres et formaient une brèche praticable sur une étendue de 3 mètres de chaque côté du puits.

23. Le puits n° 2 (pl. 1, fig. 7), reculé d'un mètre en arrière, avait $2^m,87$ de ligne de moindre résistance, et fut chargé de même. Dans la terre, $h = 2^m,87$ correspond à $c = 34^k,500$. On reboucha le puits, on eut 9 mètres de brèche.

Le puits n° 4, disposé comme le n° 2, fut chargé de 72 kilogrammes; il y eut 9 mètres de contrescarpe renversés.

Le puits n° 5 était pareil au n° 4, mais placé à 2 mètres du parement intérieur et $3^m,87$ du parement extérieur; la charge en terre ordinaire eût été 84 kilogrammes. On eut un entonnoir du côté des terres de 4^m40 de rayon; le mur sortit un peu de

son aplomb et avait des crevasses à 4 mètres du fourneau. La détonation fut très forte, des morceaux du cadre à oreille tombèrent à 200 mètres.

24. Le puits n° 6, placé à $1^m,50$ du parement intérieur, $3^m,43$ du parement extérieur, fut chargé de 87 kil., étrésillonné et non bourré; le mur marcha de $0^m,25$ vis-à-vis du fourneau, les crevasses s'étendaient à 8 mètres de chaque côté, l'entonnoir dans les terres avait 5 mètres de diamètre et 1 mètre de profondeur, la détonation fut extraordinaire; un morceau de bois fut lancé à 800 mètres.

25. Le puits n° 7, de 5 mètres de profondeur, fut placé à 2 mètres du parement intérieur du revêtement, chargé de 182 kil. disposés comme précédemment. Le mur fut renversé sur 14 mètres et la brèche praticable; il y avait 9 mètres de mur renversés du côté d'une ancienne brèche et 5 mètres de l'autre.

Démolition de Vienne en 1809 (Pl. 1, fig. 9).

26. Le colonel Constantin, lors de la démolition des remparts de Vienne en 1809, admit les règles suivantes.

Il faut 20 livres de poudre pour enlever une toise cube de maçonnerie (c'est $1^k,32$ par mètre cube, charge indiquée dans les manuels pour les maçonneries médiocres, c'est la charge $0^k,793$ de poudre par

mètre cube de terre ordinaire multipliée par 1,66). Le cube des fourneaux égale $\frac{11}{6}$ h^3: ils doivent avoir leurs entonnoirs tangents. Dans le cas d'une galerie adossée, la distance de cette galerie au parement est la ligne de moindre résistance. D'après cela on détermine la charge comme pour une suite de fourneaux tangents, on ajoute moitié en sus pour le vide de la galerie et du faible bourrage, et on a la charge de la galerie. On l'augmente encore si la galerie est plus vaste que les galeries ordinaires.

La poudre, au lieu d'être répartie d'après le calcul des fourneaux, l'est par gros tas; on obtient des effets plus sûrs.

Pour une destruction complète des escarpes, les fourneaux doivent être au-dessus des fondations, d'une quantité qui ne peut être plus grande que la ligne de moindre résistance, afin qu'on ne puisse plus rebâtir sur les mêmes fondements.

Les brèches faites d'après ces règles furent trouvées convenables; les explosions eurent lieu sans grand bruit, sans projection, sans secousses violentes; les bourrages formés de quatre longueurs de bûches furent refoulés dans les galeries; quelques débris de cheminées d'aérage avec leur bourrage en bois furent lancés à 200 mètres. Quand on attaqua tout un bastion, les angles saillant et d'épaule résistèrent.

Les escarpes étaient fort élevées, 15 à 17 mètres; on démolit quatre fronts, on brûla 151,000 livres de poudre de guerre et on dépensa 30,000 fr. en journées, huile, etc. On fit 2 mètres courants de rameau et de puits par jour avec un atelier de 4 mineurs.

27. Pour la commodité du service pendant les expériences, le capitaine Lebrun substitua à la règle donnée plus haut, de 20 livres par toise cube, les deux premières colonnes du tableau suivant :

Ligne de moindre résistance en pieds.	Charge en livres.	Ligne de moindre résistance en mètres.	Charge en kilogr.	Cube du fourneau.	Charge par mètre cube.
h.	*c.*	*h.*	*c.*	m. cube.	kil.
6	50	1,95	24,50	13,35	1,86
7	75	2,27	36,60	21,4	1,71
8	95	2,60	46,4	32,1	1,45
9	125	2,92	62,0	45,7	1,35
10	170	3,25	83,1	63,0	1,33
11	230	3,57	112,5	83,3	1,33
12	300	3,90	146,2	109,0	1,33
13	370	4,22	181	138,2	1,38
14	465	4,55	227	173,0	1,37
15	570	4,87	278	212,0	1,32
16	700	5,20	342	257,0	1,33
17	830	5,51	405	306,0	1,32
18	990	5,83	483	363,0	1,32
19	1160	6,16	567	426,0	1,32
20	1350	6,49	660	502,0	1,32

Les troisième et quatrième colonnes de ce tableau sont la traduction en mètres et en kilogrammes des

chiffres des deux premières; la cinquième représente, en mètres cubes, le cube du fourneau, et la sixième la charge par mètre cube. On voit, qu'à partir de 3m25 de ligne de moindre résistance, la charge est de 1k32 par mètre cube, comme l'indiquait l'ordre du colonel Constantin, tandis que pour les lignes inférieures la charge par mètre cube passe à 1k45, 1k71, 1k86. Il en faut conclure que Lebrun pensait que, dans les maçonneries, les faibles lignes de moindre résistance exigeaient une charge proportionnellement plus forte que les grandes.

Inspection de Montpellier en 1833 (Pl. 1, fig. 10).

28. Dans l'inspection de Montpellier, en 1833, M. le général Valazé fit exécuter un renversement de contrescarpe pour cheminer sur les débris, traverser le fossé et atteindre la brèche. Cette disposition fut regardée comme peu avantageuse; mais on n'examine ici que l'effet par rapport aux mines. La contrescarpe avait 6m40 de hauteur, 2m00 d'épaisseur à la base, en mauvaise maçonnerie. Un puits fut descendu à 5m00 de profondeur, la chambre des poudres fut placée dans un retour, à 2m60 du parement extérieur. La charge 170 kilogrammes fut celle du fourneau ordinaire pour 5 mètres de ligne de moindre résistance; même en admettant que les maçonneries valussent le double

des terres, le fourneau eût été un peu surchargé du côté des maçonneries. L'explosion fut forte, les éclats de pierre projetés comme avec une fougasse. L'entonnoir eut un rayon de 5^m00 du côté du terre-plein du chemin couvert, il en eut un de 7 mètres du côté des maçonneries; le talus était au 1/2. Pour ouvrir dans les terres horizontales un entonnoir de 7^m00 de rayon avec 2^m60 de ligne de moindre résistance, ce qui donne $n = \frac{7}{2,60} = 2,68$, il eût fallu (formule 5' § 53) un côté de boîte aux poudres $B = \frac{7}{8,5}(1,05 - 0,05\,n) = \frac{7}{8,5}(1,05 - 0,05 \times 2,68) = 0,82\,(0,916) = 0^m745$ correspondant à 375 kilogrammes, ce qui est plus du double des 170 kilogrammes employés pour faire cet entonnoir dans la maçonnerie verticale.

Cette expérience nous montre deux choses également importantes à noter :

1° Que la maçonnerie verticale n'a exigé pour un même rayon d'entonnoir que la moitié de ce qu'auraient exigé des terres horizontales ;

2° Que, malgré la facilité avec laquelle cette maçonnerie a été renversée, l'entonnoir du côté du chemin couvert a conservé les dimensions qu'il aurait eues, s'il avait été terminé par une surface entièrement horizontale.

Siége de la citadelle d'Anvers (Pl. 1, fig. 11 et 12).

29. Au siége de la citadelle d'Anvers, en 1832,

à la face gauche de la lunette Saint-Laurent, l'escarpe était en voûtes en décharge de 2^m,50 de diamètre intérieur avec des pieds-droits de 1^m,00 d'épaisseur, 3^{m}40 de longueur, y compris l'épaisseur du mur de masque de 1^m,00. Les deux fourneaux latéraux étaient en arrière de ces pieds-droits dans les terres, le fourneau du milieu encore un peu plus en arrière ; la charge, qui, d'après Vauban, n'aurait été que de 95^k,30 + 1/3 95,30 = 127 kilogrammes, qui n'aurait pas exigé 140 kilogrammes, d'après les règles suivies à Metz, en 1834, fut portée à 400 kilogrammes par fourneau, à cause qu'on craignait que les voûtes en décharge ne devinssent une cause d'anomalie. Le général Haxo penchait pour 500 kilogrammes. Une très forte explosion eut lieu, le colonel Vaillant, qui était à 180 mètres en arrière, s'élança, avec le garde Négrier et le capitaine Richepanse, dans le chemin couvert et put voir que le pont de fascines n'était pas rompu; [redacted]

pas été abattue. Il revint avec le même radeau ; les eaux qui étaient basses permirent de réparer et de compléter promptement le pont. La première explosion parut due au fourneau du milieu, la deuxième aux deux fourneaux latéraux. L'effet total était énorme, le saillant avait été poussé en avant, la face droite était ouverte.

Aide-mémoire du capitaine Lainé.

30. A la page 212, on place les fourneaux engagés de moitié dans l'épaisseur du revêtement et espacés de deux fois la ligne de moindre résistance.

Expériences de Metz en 1834 (Pl. 1, fig. 12 et 13).

31. Dans les expériences de Metz, en 1834, on renversa une contrescarpe avec deux fourneaux placés dans les terres à $14^m,50$ de distance l'un de l'autre ; la ligne de moindre résistance était de $2^m,40$ du côté des maçonneries, $3^m,06$ du côté des terres ; la charge pour $h = 2^m,40$ dans la terre est de 20 kilogrammes. On chargea de 60 kilogrammes, parce que c'étaient des maçonneries du coefficient 2, et parce que la hauteur de terre au-dessus était faible. Les rayons extérieurs des entonnoirs furent de près de $4^m,00$, donnant $n = 1,67$ correspondant à un fourneau de 83 kil. dans la terre ; la maçonnerie verticale n'avait donc pas résisté plus que des terres horizontales, les rayons intérieurs furent de $7^m,25$ environ, puisque toute la

maçonnerie fut entraînée et que les fourneaux étaient à 14m50 de distance, ce qui donne $n = 3,02$ et eût exigé en terrain horizontal des charges de 557 kilogrammes au lieu de 60.

Expériences de Metz en 1834 (Pl. 1, fig. 15 et 16).

32. Dans l'expérience sur les escarpes, on attaqua par quatre contre-forts; les charges des fourneaux extérieurs étaient dans les contre-forts, à la queue, chargés de 210 kilogrammes, celles des fourneaux intermédiaires, à la racine, chargés de 90 kil., un fourneau de 100 kilogrammes était en arrière; on prit pour coefficient des maçonneries le nombre 2, et, pour ne pas projeter, on ne donna que 3/4 de charge, moyenne contre la charge totale, qui fait un entonnoir ordinaire, et la charge moitié, qui n'en fait pas; la charge était donc $3/4.2c$ ou $3/2\ c = 210$ kilogrammes, moitié en sus de celle dans les terres. Après l'explosion, la brèche était belle et praticable, elle avait 30 mètres d'ouverture, au lieu de 20 mètres qu'on avait projeté de faire, le rayon T de l'entonnoir pour les fourneaux extrêmes égalait 6 mètres, pour une ligne de moindre résistance de 4m50; on croit que l'effet du fourneau en arrière avait été plus nuisible qu'utile.

33. Dans un examen du compte rendu des expériences de Metz, de 1834, fait par le commandant Belmas, en 1837, il conclut qu'on aurait dû mettre tous les fourneaux à la queue des contre-forts.

DE

NÉTRA… moyenne …s prem… boulets	…NSOMMATIONS par mètre courant DE BRÈCHE.			ÉTAT DES BRÈCHES.			OBSERVATIONS.
1re série	…	Poudre.	Temps.	Hauteur au parement.	Largeur au parement.	Talus général.	
mètr.	migr.	kilog.		mèt.	mèt.		
.21	B.2	68.5	17'	6.4	19.0	35°	On a amorcé une tranchée verticale au milieu.
.18	ß.2	42.7	12	8.1	19.1	33	
.48	..2	66.1	19	5.8	18.1	31	
.62	..2	61.1	22	6.4	18.3	32	
.90	1.3	51.1	16	4.8	15.3	36	On a amorcé une tranchée verticale au milieu, et l'on est revenu deux fois à la tranchée horizontale.
.93	1.7	55.2	19	7.1	19.7	37	
.08	1.8	68.8	18	5.8	20.0	35	
.40		»	»	»	»	»	Suspendue après 40 coups à cause du danger des ricochets, et supprimée.
»		»	»	»	»	»	Supprimée pour le même motif.
.54	1.5	29.5	9	4.2	20.6	32	
»	.0	52.0	19	5.5	19.9	35	
»	.2	128.7	54	6.8	6.4	34	
»	.5	15.2	3	»	19.0	»	On a employé 1 h. 35' à déblayer la batterie.
»		»	»	»	»	»	
10	.4	78.5	21	6.2	20.8	33	
8	0.1	59.4	19	7.0	20.0	32	



JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

DE LA GUERRE

PAR

LE GÉNÉRAL CHARLES DE CLAUSEWITZ,

Traduction de M. le major d'artillerie NEUENS.

CANTONNEMENTS.

Dans les guerres modernes les cantonnements sont redevenus indispensables, parce qu'il n'y a plus ni tentes ni système complet de transport qui puisse rendre l'armée indépendante. Quelque loin qu'on pousse l'usage des camps baraqués ou des bivouacs, ils ne peuvent cependant constituer la règle exclusive en fait de logement des troupes, sans que tôt ou tard des maladies ne se déclarent avec plus ou moins de virulence suivant le climat, et n'épuisent prématurément les forces. La campagne de 1812, en Russie, nous offre un abus rare de ces expédients. Sous un climat très rude, pendant les six mois entiers que cette campagne a duré, les troupes n'ont presque pas été cantonnées. Mais quelles ont été les conséquences de cette surcharge de fatigues, qu'on devrait

appeler une extravagance, si ce nom ne convenait pas davantage encore à l'idée politique de l'entreprise !

Deux choses empêchent la dislocation en cantonnements ; la proximité de l'ennemi, et la rapidité qu'on veut donner au mouvement. On quitte donc les cantonnements aussitôt que la bataille approche, et on ne peut les réoccuper que quand la solution a eu lieu.

Dans les guerres modernes, c'est-à-dire dans toutes les campagnes que nous avons sous les yeux depuis vingt-cinq ans, l'élément de la guerre s'est manifesté avec toute son énergie. On y a vu pousser l'activité et la tension des forces jusqu'aux limites du possible. Mais toutes ces campagnes ont été de courte durée; rarement elles ont exigé une demi-année; souvent il leur a suffi de quelques mois pour conduire au but, c'est-à-dire au point où le vaincu se voyait obligé d'accepter un armistice ou même la paix, ou bien pour arriver à l'épuisement de l'élan que la victoire avait communiqué au vainqueur. Dans cet inter-

[redacted]

alors le logement des troupes devient un objet principal d'attention. Ce besoin exerce même alors quelque influence sur la conduite de la guerre, en partie en ce qu'on cherche à gagner en temps et en sécurité par un système renforcé d'avant-postes, ou par une avant-garde plus avancée, et en partie en ce qu'on se règle plutôt d'après la richesse et lo degré de culture de la contrée, que d'après ses avantages tactiques et les rapports géométriques de ses lignes et de ses points. Une ville de commerce de 20 à 30 mille habitants, une route bien garnie de grands villages et de villes florissantes, procurent tant de facilité pour concentrer dans une position de grandes masses de troupes, et cette concentration procure tant d'indépendance et de latitude, qu'elle compense largement les avantages que pourrait présenter une meilleure situation géographique du point occupé.

Quant à la forme à observer dans la disposition des cantonnements, nous avons peu de remarques à faire, parce que la plus grande partie de cet objet rentre dans la tactique.

L'opération de loger les troupes est de deux genres, suivant que son objet est principal ou accessoire. Si la position que doivent occuper les troupes dans le cours d'une campagne est ordonnée d'après des motifs purement tactiques ou stratégiques, et si pour les soulager on leur assigne des cantonnements dans les environs, ce qui s'applique surtout à la cavalerie, alors les cantonnements sont l'accessoire, remplacent

le camp, et doivent être cherchés dans un rayon tel que les troupes puissent arriver à temps dans la position. Si, au contraire, l'armée doit entrer en cantonnements pour se reposer, la question du logement devient principale, d'où il suit que les autres considérations, et conséquemment le choix de la position aussi, se subordonnent comme accessoires.

La première question à considérer ici se rapporte à la forme générale que doit affecter l'ensemble des cantonnements. Ordinairement cette forme s'étend en ovale très allongé. C'est en quelque sorte l'ordre de bataille tactique dilaté. Le point de concentration est situé en avant, et le quartier général en arrière. Or, il se trouve que ces trois dispositions sont très défavorables, presque contraires même, à la certitude de la concentration de l'armée avant l'arrivée de l'ennemi.

Plus la forme générale des cantonnements s'approche de celle du carré ou plutôt du cercle, plus les troupes pourront être promptement rassemblées en un point, c'est-à-dire au centre. Plus le point de concentration est choisi en arrière, plus l'ennemi aura de chemin à parcourir pour y arriver, et par conséquent plus on aura de temps pour se rassembler. Un point de rassemblement situé derrière les cantonnements ne peut jamais être compromis. Quant au quartier général, plus il se trouve au contraire en avant des cantonnements, plutôt les messages y arriveront, et par conséquent mieux le commandant sera informé

de tout. Toutefois les fixations indiquées plus haut ne sont pas exemptes de motifs méritant plus ou moins de considération.

Par l'extension des cantonnements dans le sens de la largeur on cherche à couvrir le pays d'où l'ennemi pourrait tirer des fournitures. Cependant ce motif n'est ni complétement fondé ni très important. Il n'est fondé que lorsqu'il s'agit des ailes extrêmes; il ne l'est plus quant à l'intervalle que deux parties d'armée peuvent laisser entre elles afin de se rapprocher chacune de son point de rassemblement; car aucune troupe ennemie ne s'aventurera dans cet intervalle. Nous avons dit ensuite que ce motif n'est pas très important : en effet, pour garantir des réquisitions de l'ennemi les arrondissements de notre voisinage, il existe des moyens plus simples que l'éparpillement de l'armée elle-même.

Le choix du point de rassemblement en avant des cantonnements se rattache au dessein de couvrir ceux-ci. Voici comment. Premièrement, une troupe qui doit brusquement sortir en armes laisse toujours derrière elle une queue de retardataires, de malades, de bagages, d'approvisionnements, etc., qui pourraient facilement tomber entre les mains de l'ennemi si le point de rassemblement était choisi en arrière. En second lieu, il est à craindre que l'ennemi, faisant passer des subdivisions de cavalerie à côté de l'avant-garde, ou en général après l'avoir culbutée, ne tombe au milieu des régiments ou

des bataillons isolés. Si, au contraire, l'ennem contre une troupe en position, quand mêm serait trop faible et devrait finir par succo cela le force en tout cas à s'arrêter et fait gagı temps.

Quant au quartier général, on a pensé qı pouvait jamais être trop en sûreté.

D'après ces diverses considérations, nous s porté à croire que la meilleure disposition de tonnements exigerait une forme générale a chant du carré ou du cercle, le point de rasse ment général au centre, et le quartier général toute masse de troupes un peu considérable, eı mière ligne.

Ce que nous avons dit de l'ordre de batai général, quant à la protection des ailes, s'ap également ici. L'armée cantonnée détache d droite et à gauche des corps qui ont leurs poi rassemblement particuliers à la même hauteı celui du centre, quoique l'on ait en vue de com en commun.

[redacted]

comme toutes les lois générales, elle pénètre plus ou moins l'ensemble des applications.

Il reste encore à dire relativement aux situations avantageuses des cantonnements, qu'il convient de les établir derrière quelque obstacle naturel pouvant les couvrir ; on fait alors observer le côté de l'ennemi par des détachements petits, mais nombreux. On peut aussi établir les cantonnements derrière des places fortes, qui, dans ces circonstances où l'ennemi ne peut pas évaluer leurs garnisons, lui imposent bien plus de respect et de circonspection.

Quant aux quartiers d'hiver fortifiés, nous nous réservons d'en parler dans un article spécial.

Les cantonnements de marche diffèrent des cantonnements de position en ce que, pour épargner les détours aux troupes, ils doivent être moins étendus en largeur, mais se prolonger le long de la route Si leur étendue dans ce sens ne dépasse pas une petite journée de marche, elle est loin d'être défavorable au prompt rassemblement des troupes.

Dans tous les cas où l'on est devant l'ennemi. c'est-à-dire lorsque la distance entre les deux avant-gardes opposées n'est pas considérable, l'étendue des cantonnements et le temps nécessaire au rassemblement des troupes servent à déterminer la position et la force de l'avant-garde et des avant-postes : mais lorsque ces dernières sont au contraire déterminées déjà par l'ennemi et par les circonstances, on devra subordonner l'étendue des cantonnements

au délai que promet la résistance de l'avant-garde.

Nous avons dit, au chapitre VIII de ce livre, comment on doit concevoir la résistance à opposer à l'ennemi par les corps détachés en avant. Du temps que fait gagner cette résistance, il faut retrancher celui qui s'écoule avant que les troupes ne puissent être averties et rassemblées dans les villages; ce qui reste est le temps disponible pour la marche de rassemblement.

Nous terminerons en fixant nos idées par un résultat tel que le produisent les conditions les plus communes. Lorsque le rayon des cantonnements est égal à la distance de l'avant-garde et que le point de rassemblement ne s'éloigne pas beaucoup du centre de figure, le retard que l'avant-garde fait éprouver à l'ennemi peut être employé à avertir et à rassembler les troupes; or, dans la plupart des cas, cela est suffisant, en admettant même que les nouvelles ne se transmettent pas au moyen de fanaux, de coups de canon, etc., mais simplement à l'aide de relais d'ordonnances, ce qui seul fournit la certitude désirable.

Ainsi, lorsque l'avant-garde est avancée à 4 lieues, on pourrait loger les troupes sur une surface d'environ 50 lieues carrées. Dans une contrée où la population est moyennement dense, on trouve sur une telle surface environ 10 mille foyers, ce qui donnerait quatre hommes environ par foyer, en supposant une armée de 50 mille hommes, et en dédui-

sant l'avant-garde. Ce cantonnement serait donc très-commode; les troupes ne seraient pas même encore trop à l'étroit si l'on comptait neuf hommes par foyer, ce qui correspondrait à une armée de 100 mille hommes. Mais si l'avant-garde n'avait pu être avancée au delà de 1 $\frac{1}{2}$ lieue, l'espace à occuper ne serait que de six à sept lieues carrées. Il est vrai que le temps gagné ne décroît pas tout à fait proportionnellement avec la distance de l'avant-garde, et que, dans le cas où elle ne précède l'armée que de 1 $\frac{1}{2}$ lieue, on peut encore compter sur environ six heures de temps gagné; mais une aussi grande proximité de l'ennemi impose plus de circonspection. Dans un tel espace, on pourrait à peu près loger une armée de 50 mille hommes, mais il faudrait pour cela qu'il fît partie d'une contrée très-peuplée.

On voit bien quel rôle important jouent dans cette question les villes considérables; car elles fournissent la possibilité de loger 10 à 20 mille hommes sur un seul point.

D'après ce résultat, nous pourrons conclure que, lorsque l'on n'est pas trop près de l'ennemi, moyennant une avant-garde convenable, on peut rester dans les cantonnements, même en face d'un adversaire rassemblé. C'est ce que Frédéric le Grand fit à Breslau au commencement de 1762, puis Napoléon à Witepsk en 1812. Néanmoins, en supposant qu'on n'eût rien à craindre pour la sécurité de la réunion,

même vis-à-vis d'un ennemi rassemblé, l'éloignement étant suffisant et les dispositions convenables prises, il ne faudrait pas oublier qu'une armée occupée à se rassembler à la hâte, est pendant ce temps incapable de faire autre chose; que, par conséquent, elle est hors d'état de tirer immédiatement avantage de l'imprévu, ce qui la prive de la plus grande partie de sa puissance d'action. En conséquence, une armée ne se disloquera complétement dans les cantonnements que dans l'un des trois cas suivants :

1° Lorsque l'ennemi le fait aussi;

2° Lorsque l'état des troupes l'exige impérieusement;

3° Lorsque le but le plus immédiat se résume dans la défense d'une forte position; car alors il ne s'agit que de réunir les troupes en temps utile dans cette position.

La campagne de 1815 présente un exemple très-remarquable du rassemblement d'une armée cantonnée. Le général Ziethen, commandant l'avant-garde de Blücher, forte de 30 mille hommes, était en position près de Charleroi, à trois lieues seulement de Sombreffe, où l'on avait l'intention de réunir l'armée. Les cantonnements les plus distants de Sombreffe l'étaient de onze lieues environ, c'est-à-dire d'un côté jusqu'au delà de Ciney, de l'autre jusque vers Liége. Malgré cela, les troupes cantonnées au delà de Ciney se trouvèrent déjà réunies à Ligny

plusieurs heures avant la bataille qui y eut lieu. Les troupes cantonnées vers Liége (le corps de Bulow) l'eussent été également, si des causes accidentelles et une mauvaise organisation de la correspondance ne l'avaient empêché.

Incontestablement, les précautions nécessaires n'avaient pas été prises pour assurer la sécurité de l'armée prussienne. Il est vrai que la dislocation avait été faite lorsque l'armée française occupait elle-même encore des cantonnements très-étendus, et il n'y a eu faute commise qu'en ce qu'on n'a pas immédiatement modifié les dispositions à la première nouvelle des mouvements qui s'opéraient dans l'armée française et de l'arrivée de Napoléon près cette armée.

Il n'en est pas moins remarquable que l'armée prussienne eût pu être concentrée près de Sombreffe avant l'attaque de l'ennemi. Il est vrai que Blücher reçut dans la nuit du 14, c'est-à-dire douze heures avant que Ziethen ne fût réellement attaqué, avis de la marche de l'ennemi, et commença sa concentration; mais le 15, à neuf heures du matin, le feu de Ziethen était complétement développé, et dans ce moment le général Thielmann reçut seulement à Ciney l'ordre de marcher sur Namur. Il dut par conséquent rassembler d'abord son corps par divisions et franchir ensuite les neuf lieues qui le séparaient de Sombreffe, ce qui fut accompli en vingt-quatre heures. Le général Bülow eût pu arriver également

vers ce temps, si l'ordre qui lui avait été expédié était arrivé sans retard dans ses mains.

Quant à Napoléon, il ne parvint à attaquer à Ligny que le 16 à deux heures après midi. La crainte d'avoir Wellington contre lui d'un côté et Blücher de l'autre, ou, en d'autre termes, la disproportion des forces contribua à cette lenteur. On voit par-là comment le général, même le plus résolu, peut être retenu par des tâtonnements circonspects, toujours inévitables dans les cas quelque peu compliqués.

Une partie des considérations que nous venons d'exposer sont évidemment plutôt tactiques que stratégiques ; mais nous avons préféré empiéter quelque peu sur le domaine de la tactique que de risquer de n'être pas clair.

—

SUBSISTANCES.

—

L'entretien des troupes a beaucoup gagné en importance dans les guerres modernes, et cela par deux motifs : d'abord, les armées sont en général beaucoup plus grandes que celles du moyen âge, et même que celles de l'antiquité; si nous y voyons en effet parfois des armées qui ressemblent aux nôtres quant aux dimensions, et qui les dépassent même, ce ne sont que des phénomènes rares et passagers, tandis que de nos temps, depuis Louis XIV, les armées ont été constamment très-nombreuses. Le deuxième motif est bien plus important encore, et se rapporte à une circonstance plus exclusivement inhérente à l'époque moderne. Elle consiste dans l'esprit de suite et d'ensemble qui est propre à nos guerres, et en ce que les forces armées, qui en sont l'instru-

ment, se tiennent constamment prêtes au combat. La plupart des guerres anciennes consistent en entreprises isolées et sans suite, séparées par des intervalles pendant lesquels la guerre s'interrompait de fait, tout en continuant d'exister en politique, ou bien durant lesquels les forces armées opposées s'écartaient assez pour ne plus s'occuper que de leurs besoins respectifs sans s'inquiéter l'une de l'autre.

Les guerres plus récentes, c'est-à-dire celles qui ont suivi la paix de Westphalie, ont reçu par les efforts des gouvernements un caractère plus marqué de régularité et de suite : le but militaire y prédomine toujours, et exige aussi, quant à l'entretien des troupes, des dispositions de nature à pouvoir s'y prêter. Il est vrai que les guerres du XVIIe et du XVIIIe siècle présentent aussi de longues suspensions dans l'action des armes. C'étaient les quartiers d'hiver réguliers, qui constituaient de vraies intermittences dans la guerre. Néanmoins ils restaient toujours subordonnés au but de la guerre ; c'est la rigueur de la saison, non la subsistance des troupes, qui leur

[redacted]

SUBSISTANCES.

—

L'entretien des troupes a beaucoup gagné en importance dans les guerres modernes, et cela par deux motifs : d'abord, les armées sont en général beaucoup plus grandes que celles du moyen âge, et même que celles de l'antiquité; si nous y voyons en effet parfois des armées qui ressemblent aux nôtres quant aux dimensions, et qui les dépassent même, ce ne sont que des phénomènes rares et passagers, tandis que de nos temps, depuis Louis XIV, les armées ont été constamment très-nombreuses. Le deuxième motif est bien plus important encore, et se rapporte à une circonstance plus exclusivement inhérente à l'époque moderne. Elle consiste dans l'esprit de suite et d'ensemble qui est propre à nos guerres, et en ce que les forces armées, qui en sont l'instru-

faire vivre aux dépens du pays dans l'intérieur des frontières. Dès lors les gouvernements durent considérer l'entretien des armées comme étant exclusivement leur affaire. L'entretien devint ainsi doublement onéreux, d'abord parce qu'il incomba au gouvernement, et ensuite parce que les forces armées durent rester sans cesse en face de celles de l'ennemi, c'est-à-dire, devinrent permanentes.

On créa donc, non-seulement une armée indépendante, mais aussi une organisation indépendante pour l'entretenir, et on développa ce système aussi amplement que possible.

Non-seulement les munitions de bouche furent achetées ou fournies par les domaines, et par suite prises au loin et accumulées dans des magasins, mais elles furent aussi voiturées de ces derniers vers les troupes à l'aide d'un équipage spécial, cuites à proximité, moyennant une boulangerie *ad hoc*, et enfin enlevées par les troupes à l'aide d'un autre train de voitures, marchant avec elles. Nous jetons un coup d'œil sur ce système, non-seulement parce qu'il explique la physionomie des guerres durant lesquelles il a subsisté, mais aussi parce qu'il ne peut jamais entièrement disparaître, et qu'il devra sans cesse en revenir des fragments.

Ainsi l'organisation militaire tendait constamment à devenir plus indépendante du peuple et du pays.

La conséquence fut que la guerre devint plus ré-

gulière, plus conséquente, plus subordonnée à son but, c'est-à-dire au but politique, mais en même temps, elle devint plus restreinte et moins indépendante dans ses allures, et fut extrêmement affaiblie dans son énergie. Dès qu'on dépendit des magasins et des limites de mobilité des trains de voitures, tout tendit naturellement vers le dernier terme de l'économie et de la simplification dans la subsistance des troupes. Le soldat, ayant pour toute nourriture la maigre pitance d'un morceau de pain, se traînait parfois tristement comme une ombre, et aucune probabilité de changement dans son sort ne venait le consoler dans ses privations.

Tel pourrait considérer cette pénurie dans la nourriture du soldat comme une chose indifférente, et ne voir que ce que Frédéric le Grand a pu réaliser avec les troupes ainsi traitées ; mais une pareille appréciation serait entachée de préjugé. La force de supporter les privations constitue une des plus belles vertus du soldat, et sans elle, il n'existe pas d'armée vraiment pénétrée de l'esprit militaire ; mais ces privations doivent être passagères, imposées par la force des circonstances, et non la conséquence permanente d'un système insuffisant, ou du calcul parcimonieux de l'indigence. Dans ce dernier cas la force morale et physique de l'individu en souffrira nécessairement. Ce que Frédéric le Grand a accompli, à l'aide de ses soldats, ne doit pas nous servir de mesure ; car d'abord le même système lui était

opposé, et ensuite nous ne savons pas s'il n'eût pas entrepris bien davantage si ses gens de guerre avaient pu vivre comme vivaient ceux de Napoléon, aussi souvent que les circonstances le permettaient.

Cependant on n'a jamais tenté d'étendre ce système artificiel d'entretien jusqu'à la nourriture des chevaux, à cause des difficultés que le volume considérable des fourrages opposait au transport. Une ration de fourrage pèse environ dix fois autant qu'une ration de vivres, tandis que le nombre des chevaux d'une armée n'est pas seulement 1/10e de celui des hommes, mais varie même encore aujourd'hui de 1/4 à 1/3. Autrefois il variait de 1/3 à 1/2, de sorte que le poids des fourrages serait 3, 4 ou 5 fois aussi considérable que celui des vivres. On chercha donc à satisfaire ce besoin de la manière la plus directe possible, c'est-à-dire en fourrageant. Ces opérations introduisaient une gêne nouvelle dans la guerre, d'abord parce qu'elles faisaient une condition importante d'amener la guerre sur le territoire ennemi, et en second lieu parce qu'elles obligeaient à ne pas séjourner trop longtemps dans la même contrée. Cependant cette façon de se procurer les fourrages tombait déjà en désuétude du temps des guerres silésiennes; on reconnut qu'il en résultait trop de dévastations, et un fardeau plus lourd à la contrée, que lorsqu'on se procurait le nécessaire au moyen de réquisitions.

Quand la révolution française ramena tout à

coup une force populaire dans l'arène de la guerre, on vit que les moyens des gouvernements n'étaient plus à la hauteur des circonstances ; dès lors s'écroula tout le système de guerre qui dérivait de l'exiguité de ces moyens et qui trouvait aussi sa sécurité dans cette exiguité. La partie du système dont nous traitons, c'est-à-dire le système d'alimentation disparut naturellement dans le naufrage avec le reste. Les chefs révolutionnaires s'occupèrent peu de magasins, et encore moins de l'organisation de ces équipages dans lesquels les diverses subdivisions de voitures circulaient comme les rouages d'une machine ; se contentant de mettre leurs soldats en campagne, de pousser leurs généraux au combat, ils nourrirent et animèrent la guerre en faisant enlever, arracher et piller ce qu'il leur fallait.

La guerre sous Napoléon s'est maintenue entre ces deux extrêmes. Ce chef a employé ce qui lui convenait des moyens des deux systèmes : c'est sans doute ainsi qu'il continuera d'en être désormais.

Dans le nouveau mode d'entretien des troupes, qui consiste à utiliser sans ménagements tout ce que la contrée offre en ressources, il existe aussi quatre procédés différents, savoir : la nourriture chez l'habitant, la maraude ou les exactions opérées par les troupes, les réquisitions générales et les magasins.

1° *La nourriture chez l'habitant, ou bien par la*

commune, ce qui revient au même. Une commune, lors même que, comme les grandes villes, elle est principalement composée de consommateurs, doit cependant toujours posséder en vivres le nécessaire pour plusieurs jours. Il suit de là que la ville même la plus populeuse doit pouvoir héberger, pour un jour, une troupe environ égale en nombre à la population, sans que des mesures spéciales aient dû précéder. Si la troupe est beaucoup moins nombreuse, elle pourra même être nourrie plusieurs jours. Ceci fournit un résultat très-satisfaisant, quant aux villes considérables, en ce qu'il procure l'avantage de nourrir une grande masse de troupes concentrée sur un point. Des villes plus petites ou des villages ne donneraient pas un résultat suffisant, si la même base devait servir au calcul : car une population de 2,000 à 2,500 âmes par lieue carrée, ce qui est déjà beaucoup, ne pourrait ainsi nourrir qu'un nombre égal de soldats, d'où résulterait pour des masses considérables la nécessité de s'étendre tellement, que d'autres conditions nécessaires pourraient difficilement être satisfaites. Mais dans les campagnes, et même dans les petites villes, la masse des aliments, dont il s'agit surtout à la guerre, est beaucoup plus grande. L'approvisionnement en pain des cultivateurs est destiné généralement à suffire à la famille entière pour 8 à 15 jours; la viande peut être procurée tous les jours; quant aux légumes, il y en a généralement jusqu'à la récolte

suivante. Ainsi, dans les cantonnements qui n'ont pas encore été occupés on peut faire subsister sans difficulté, pendant quelques jours, une troupe trois à quatre fois aussi nombreuse que la population, résultat qui à son tour est parfaitement satisfaisant. Ainsi une colonne de 30 mille hommes, dans une contrée où la densité de la population est de 1,200 à 1,600 habitants par lieue carrée, et qui ne contiendrait aucune ville considérable, aurait besoin d'une surface de 7 lieues carrées, ce qui correspond à un côté de 2$\frac{2}{3}$ lieues. Ainsi une armée dont l'effectif serait de 90 mille hommes, ou environ 75 mille combattants, marchant en trois colonnes, ne serait pas obligée de s'étendre au delà de 8 lieues en largeur, si toutefois il se trouvait trois routes sur cette largeur.

Lorsque plusieurs colonnes doivent se succéder dans un tel cantonnement, les autorités locales doivent recourir à des mesures d'urgence. Cela présente du reste peu de difficulté quand il ne s'agit que des besoins d'une couple de jours en sus. D'après cela, si les premiers 90,000 hommes étaient suivis le lendemain par le même nombre, les dernières colonnes ne souffriraient pas encore de la disette. Or, cela donne déjà la masse considérable de 150 mille combattants.

Quant aux fourrages, on rencontre encore moins de difficultés; car il ne s'agit ni de moudre ni de cuire comme pour les hommes; et comme

l'approvisionnement destiné aux chevaux du pays devait suffire jusqu'à la récolte prochaine, on manquera rarement du nécessaire, même dans les contrées où le régime de la pâture prédomine sur l'entretien à l'étable. Il va sans dire toutefois que c'est la commune et non l'habitant dont il convient d'exiger la fourniture. Il s'entend aussi, qu'en ordonnant la marche on doit tenir quelque compte de la nature des contrées, pour ne pas cantonner la cavalerie dans des districts principalement commerciaux ou industriels.

Le résultat de ce coup d'œil rapide nous apprend donc que dans un pays moyennement peuplé, c'est-à-dire comptant 1200 à 1600 habitants par lieue carrée, une armée de 150 mille combattants peut se nourrir un à deux jours aux dépens des communes et de l'habitant, en marchant sur une étendue très-modique, et qui n'exclut aucunement l'unité du combat. Par conséquent une armée de cette force peut subsister dans une marche continue, sans magasins ou autres préparatifs.

Voilà le résultat sur lequel s'appuyèrent les opérations des armées françaises durant les guerres de la Révolution et de l'Empire. Ces armées ont marché de l'Adige au Danube et du Rhin à la Vistule, sans beaucoup d'autres moyens d'existence que la nourriture par l'habitant, et sans jamais souffrir du besoin. Leurs entreprises étaient fondées sur la supériorité physique et morale, avaient des résultats

indubitables, et n'étaient du moins jamais retardées par l'indécision ou la circonspection; en conséquence le mouvement dont elles donnaient le spectacle dans leur carrière victorieuse consistait généralement en une marche continue.

Lorsque les circonstances sont moins favorables, que la population est moindre, ou se compose en plus grande partie d'artisans que de cultivateurs, quand le sol est mauvais, ou que la contrée a déjà été plusieurs fois traversée, le résultat que nous avons indiqué décline naturellement. Remarquons cependant qu'en faisant marcher une colonne sur 4 lieues de largeur au lieu de 2, on obtient immédiatement plus du double de la surface, c'est-à-dire 16 au lieu de 4 lieues carrées, extension qui, dans les cas ordinaires, permet le combat en commun. On voit d'après cela, que quand même les circonstances sont défavorables, ce système d'alimentation reste possible, pourvu que le mouvement ne soit pas interrompu.

Mais aussitôt qu'il se présente un temps d'arrêt de plusieurs jours, la plus grande disette devrait se produire, s'il n'y était autrement pourvu. A cette fin on a recours à deux organes auxiliaires dont une armée considérable ne peut pas se passer même encore aujourd'hui. Le premier consiste en un train de voitures adjoint aux troupes, au moyen duquel on transporte pour trois à quatre jours de pain ou de farine comme aliment de première né-

cessité ; si l'on ajoute des aliments pour trois à quatre jours que le soldat porte sur lui, on est assuré de pouvoir satisfaire aux premiers besoins pendant huit jours.

Le deuxième organe, c'est un bon commissariat ou personnel d'intendance, qui à chaque temps d'arrêt attire des provisions d'au loin ; de sorte qu'on peut à volonté passer du système de nourriture par l'habitant à celui des distributions directes.

La nourriture par l'habitant présente l'avantage immense de dispenser des moyens de transport et d'exiger le moins de temps ; mais cette méthode suppose aussi que toutes les troupes sont cantonnées en règle générale.

2° *L'entretien à l'aide d'exactions opérées par les troupes.* Lorsqu'un bataillon isolé doit camper, cela peut avoir lieu à proximité de quelques villages, qui reçoivent alors l'ordre de fournir les vivres nécessaires ; dans ce cas ce système ne diffère guère du précédent. Mais lorsque la masse de troupes réunie sur un point est beaucoup plus grande, ainsi que cela arrive d'ordinaire, il ne reste d'autre moyen que de partager les arrondissements environnants entre les grandes unités, c'est-à-dire les brigades ou les divisions ; chacune recherche dans la contrée qui lui est assignée les aliments nécessaires, les fait amener, les met en commun et se les distribue.

On voit au premier coup d'œil qu'au moyen de ce procédé l'entretien d'une grande armée est im-

possible. Le butin fait sur les approvisionnements du pays sera beaucoup moindre de cette manière, que si les troupes avaient cantonné sur la même surface. Car lorsque 30 ou 40 hommes envahissent la maison du paysan, ils savent bien découvrir, s'il le faut, jusqu'aux dernières ressources; mais un officier envoyé avec quelques hommes, pour réunir des vivres, n'a ni le temps ni le moyen de rechercher tous les dépôts; souvent aussi les moyens de transport manqueront, et alors il ne pourra amener qu'une faible partie des vivres disponibles. D'ailleurs, dans les camps, les masses de troupes sont tellement accumulées sur un point, que l'ensemble du pays environnant d'où il est possible de faire amener les vivres à la hâte est trop peu étendu pour suffire aux besoins. Qu'obtiendra-t-on en faisant enlever les subsistances par 30 mille hommes dans un rayon de 1 $\frac{1}{2}$ lieue autour du camp, ce qui ne donne qu'une surface de 7 à 8 lieues carrées? Encore cela sera-t-il rarement possible, parce que la plupart des villages environnants seront occupés par des portions de troupes séparées qui ne voudront rien laisser sortir. Enfin ce procédé entraîne le plus de gaspillage, en ce que certains hommes prennent outre mesure, en ce que beaucoup d'aliments se perdent sans être consommés, etc.

Le résultat est donc que la subsistance par le moyen de la maraude ne peut s'appliquer avec succès que dans le cas où les masses de troupes ne sont pas

trop grandes, lorsque, par exemple, c'est une division de 8 à 10 mille hommes. Et alors même il ne faut considérer ce procédé que comme un mal nécessaire.

Ordinairement ce moyen est indispensable aux portions de troupes qui sont postées dans le voisinage immédiat de l'ennemi; telles sont les avant-gardes et les avant-postes lorsqu'on marche en avant. En effet, ces troupes arrivent sur des points ou aucuns préparatifs n'ont pu être faits, et ordinairement trop éloignés des dépôts qui peuvent avoir été formés pour le reste de l'armée. Les corps de partisans qui sont abandonnés à eux-mêmes se trouvent dans le même cas. Enfin on devra encore recourir à ce procédé dans tous les cas où le temps ou les moyens n'ont pas suffi pour en employer un autre.

En général, les résultats seront d'autant meilleurs que l'organisation des troupes sera mieux appropriée au système des réquisitions régulières, et que le temps et les circonstances se seront mieux prêtés à ce procédé. Mais c'est le plus souvent le temps qui manque, car les troupes entrent bien plus promptement en jouissance de ce qu'elles se procurent sans intermédiaire.

3° *Les réquisitions régulières*. C'est incontestablement là le mode d'entretien le plus simple et le plus efficace, et c'est aussi celui qui a servi de base à toutes les guerres modernes.

Il se distingue de celui qui précède, principalement par la coopération des autorités locales. Les provi-

sions ne sont plus enlevées de vive force, partout où on les trouve, mais fournies avec ordre suivant une répartition juste et raisonnable Cette répartition, les autorités territoriales peuvent seules la faire.

Ici tout se réduit à une question de temps. Plus on a de temps disponible, plus la répartition pourra embrasser de surface, moins elle pèsera sur les habitants, et plus le résultat sera infaillible. On peut même recourir à des achats au comptant, et alors le mode d'entretien se rapproche de celui que nous décrirons en dernier lieu. Pour toutes les réunions de troupes en pays ami, ce procédé ne rencontre aucune difficulté, et généralement non plus dans les mouvements rétrogrades. Mais chaque fois qu'on s'avance dans une contrée qu'on n'a pas encore en sa possession, il reste trop peu de temps pour prendre de pareilles dispositions. Ordinairement on n'a pour cela que la seule journée dont l'avant-garde précède l'armée. Avec cette avant-garde arrivent aux autorités territoriales les ordres indiquant le nombre de rations de vivres et de fourrages à tenir prêtes sur des points déterminés. Comme ces provisions ne peuvent être tirées que d'un rayon de deux à trois lieues autour des points signalés, une armée considérable serait loin de trouver le nécessaire dans ces dépôts faits à la hâte, si elle ne conduisait pas avec elle des vivres pour plusieurs jours. C'est donc l'affaire de l'intendance de tirer parti du produit des réquisitions, et de faire des distributions aux parties de l'armée

qui n'ont rien obtenu. Chaque jour, à partir du premier, les embarras diminuent, car les distances des localités d'où l'on peut faire venir les vivres croissent avec le nombre des jours, et les surfaces comme les carrés de ces distances. Ainsi, si le premier jour 9 lieues carrées ont pu fournir, 36 fourniront le second, et 81 le troisième; le deuxième jour, le nombre de lieues carrées serait donc augmenté de 27, et le troisième jour il dépasserait le second de 45 lieues carrées (1).

Ceci n'est toutefois qu'une indication superficielle des rapports, car on comprend facilement que bien des circonstances doivent restreindre ce résultat; et d'abord l'une des principales, c'est que la contrée que l'armée vient de traverser n'est pas en état de participer aux fournitures dans la même mesure que le reste. Par contre, nous remarquerons que les rayons de réquisition peuvent augmenter de plus de trois lieues par jour; cette augmentation peut atteindre quatre ou cinq lieues, et même davantage dans certaines localités.

Pour assurer, du moins en grande partie, l'acquittement réel des réquisitions, on soutient les em-

---

(1) Si chaque zône ne fournissait qu'une fois ce qui rendrait la charge uniforme, ces produits successifs des réquisitions croîtraient comme les surfaces des zônes, c'est-à-dire comme 9, 27, 45, etc. (*Note du traducteur.*)

ployés au moyen de la force coërcitive de détachements isolés qu'on leur adjoint. Mais ce qui contribue le plus à assurer l'obéissance, c'est la crainte de la responsabilité, des punitions et des mauvais traitements, qui, en pareil cas, pèse comme une pression universelle sur des populations entières.

Il n'entre pas dans nos intentions d'examiner les détails du mécanisme complexe de l'intendance et de ses divers organes ; il ne s'agit pour nous que du résultat.

Ce résultat, que le simple bon sens suffit à démêler après un regard jeté sur les relations générales, a été confirmé par l'expérience des guerres qui ont suivi la révolution de 1789. Il se résume donc dans ce fait acquis, que l'armée même la plus considérable, conduisant avec elle les vivres nécessaires pour quelques jours, peut certainement subsister au moyen des réquisitions frappées sur la contrée au moment de l'arrivée, réquisitions qui s'étendent de jour en jour à des zônes de plus en plus éloignées, où elles sont ordonnées par des autorités de plus en plus élevées.

Ce moyen n'a d'autres limites que l'épuisement, la ruine et la dévastation du pays. Lorsque le séjour de l'armée se prolonge, la répartition des réquisitions arrive enfin entre les mains des autorités les plus élevées du territoire, qui naturellement s'efforceront de distribuer la charge aussi uniformément que possible, et d'en alléger le poids au moyen d'a-

chats. D'ailleurs l'état belligérant étranger ne se montrera pas si âpre et si déraisonnable que de vouloir imposer toute la charge de l'entretien à une contrée dans laquelle le séjour de ses armées se prolonge. C'est ainsi que le système des réquisitions se transforme graduellement dans celui des magasins, mais sans pour cela disparaître complétement, et sans qne l'influence qu'il exerce sur les mouvements militaires s'altère sensiblement. Car c'est tout autre chose lorsque les ressources alimentaires de la contrée sont renouvelées, au moyen d'approvisionnements qu'on fait venir de loin, quoique le pays même reste l'organe de transmission pour la nourriture de l'armée, ou bien lorsque l'armée, comme dans les guerres du XVIIIe siècle, porte en elle-même tout son appareil économique, qui dispense généralement le pays d'intervenir.

La différence consiste principalement en deux choses, c'est l'emploi des moyens de transport et des boulangeries de la contrée. C'est là ce qui dispense de cet énorme train de transport, qui détruisait presque toujours son propre ouvrage.

Il est vrai qu'aujourd'hui encore une armée ne peut se passer entièrement d'équipages servant à l'entretien; mais leur étendue est infiniment moindre, et ne sert en quelque sorte qu'à reporter au lendemain le superflu d'un jour. Des circonstances particulières, comme celles de la campagne de Russie en 1812, peuvent encore aujourd'hui rendre

nécessaire un train de voitures considérable, et même des boulangeries de campagne; mais ce sont là des exceptions, car il n'arrivera pas souvent que 300 mille hommes s'avanceront presque sur une seule route à 175 lieues de distance, et cela dans une contrée comme la Pologne et la Russie, et peu avant la récolte. D'un autre côté, dans ces circonstances-là même, on se bornera à considérer l'appareil alimentaire adjoint à l'armée, comme un accessoire destiné à combler des lacunes, les fournitures à faire par la contrée restant toujours la base fondamentale du système.

Depuis les premières campagnes des guerres de la révolution française, le système des réquisitions a donc constamment servi de base aux armées françaises. Les alliés qui leur étaient opposés y furent entrainés de leur côté, et maintenant on ne peut plus guère s'attendre à le voir abandonner. Aucun autre moyen ne peut fournir de tels résultats, tant en ce qui concerne l'énergie de la conduite de la guerre, qu'en ce qu'elle gagne en facilité et en liberté d'action. Comme on n'éprouve aucune inquiétude pour les 3 où 4 premières semaines, quelque direction que l'on veuille prendre, et que plus tard on peut recourir aux magasins, on doit avouer que la guerre a conquis la plus parfaite liberté d'action par l'introduction de ce système. Il est vrai que les difficultés sont plus grandes suivant une direction que suivant une autre, et cela peut produire quelque

effet dans la balance des délibérations; mais jamais on ne rencontrera des impossibilités absolues, et jamais les considérations relatives à l'entretien ne pourront devenir impérieuses et décisives. Une seule situation fait exception sous ce rapport, c'est le cas de la retraite opérée en pays ennemi. Dans cette circonstance, il coïncide plusieurs conditions défavorables à l'entretien de l'armée. D'abord le mouvement est continu, généralement sans retards notables, et il ne reste par conséquent pas de temps pour réunir des provisions. De plus, les circonstances dans lesquelles on commence un tel mouvement sont déjà en général très défavorables; on est obligé de rester concentré sans cesse, ce qui empêche ordinairement la répartition des troupes dans les cantonnements, ainsi qu'un écartement considérable des colonnes. Les rapports hostiles de la contrée ne permettent pas de réunir des vivres au moyen de simples réquisitions non soutenues par une force exécutive; et enfin, le moment est encore particulièrement propre à encourager la résistance et le mauvais vouloir des habitants. Il résulte de tout cela, que dans le cas d'une retraite on se trouve généralement réduit aux lignes de communication et de retraite qu'on s'est ménagées d'avance.

En 1812, lorsque Napoléon voulut commencer sa retraite, cela ne put absolument avoir lieu que suivant la route par laquelle il était venu, et cela à cause des subsistances. Sur toute autre route son armée

eût péri encore plus promptement et plus infailliblement. Tout ce que les écrivains, même français, ont exprimé de blâme à ce sujet, est souverainement déraisonnable.

4° *Entretien au moyen de magasins*. Si ce mode d'entretien devait encore se distinguer essentiellement du précédent, il exigerait une organisation semblable à celle qui a été en vigueur pendant le dernier tiers du 17e siècle et pendant le 18e. Cette organisation pourra-t-elle jamais reparaître?

Sans doute on comprendrait à peine la possibilité de s'en passer, si la guerre, se faisant au moyen d'armées considérables, restait confinée pendant 7, 10 ou 12 années dans les mêmes contrées, ainsi que cela s'est présenté dans les Bays-Bas, sur le Rhin, dans l'Italie supérieure, en Silésie et en Saxe; car quel est le pays qui pourrait aussi longtemps servir d'organe principal de nutrition aux armées opposées, sans se ruiner complétement, et par conséquent sans refuser peu à peu le service?

Or, ici se présente naturellement la question de savoir si le système d'entretien doit se régler d'après la guerre, ou si c'est la guerre qui doit se plier au système d'entretien. A cela nous répondrons que la guerre doit se subordonner au système d'entretien pour autant que le permettent les autres conditions à satisfaire; mais lorsque celles-ci commencent à offrir trop de résistance, la guerre réagira sur le système d'entretien, et le déterminera dès lors.

La guerre, fondée sur le système des réquisitions et la nourriture chez l'habitant, possède une telle supériorité sur celle qui s'appuie sur l'entretien exclusif au moyen de magasins, que cette dernière semble être un instrument complétement différent. Aucun État ne risquera donc de se présenter avec le second système vis-à-vis du premier, et s'il pouvait exister quelque part un ministre de la guerre assez borné et assez ignorant pour méconnaître la nécessité universelle de ces rapports, et pour vouloir à l'ouverture d'une guerre doter l'armée de l'ancien appareil, on verrait le général en chef se trouver bientôt entraîné par la force des circonstances, et le système des réquisitions se reproduire spontanément. Si l'on considère d'ailleurs que les dépenses considérables inhérentes à un tel système, obligent nécessairement à restreindre l'étendue des armements, la masse des troupes, puisqu'aucun État n'a le surperflu en fait de finances, on concevra sans peine que desemblables dispositions ne deviendraient possibles, que si les parties belligérantes voulaient s'entendre diplomatiquement à ce sujet et se garantir la réciprocité. Or, un cas de cette nature n'est qu'une pure utopie.

Ainsi, il est probable que dorénavant les guerres débuteront toujours par le système des réquisitions. L'un ou l'autre gouvernement fera bien quelque sacrifice pour compléter ce système à l'aide d'un appareil artificiel; mais cela ne pourra jamais aller

très loin, parce qu'à l'instant d'entreprendre une guerre, on est toujours conduit à satisfaire en premier lieu aux besoins les plus urgents, et que le système artificiel d'entretien n'appartient plus à cette catégorie.

Cependant lorsqu'une guerre ne présente ni des résultats aussi décisifs, ni des mouvements aussi étendus que ne le comporte en général l'essence de l'élément, le système des réquisitions ne tardera pas à épuiser tellement le pays, qu'on sera obligé ou de conclure la paix ou de prendre des dispositions de nature à soulager le pays et à donner plus d'indépendance à l'entretien de l'armée. Ce dernier cas s'est présenté pour l'armée française sous Napoléon, en Espagne; mais le premier des deux expédients sera bien plus fréquemment employé. Dans la plupart des guerres, les forces des états s'épuisent à tel point, que loin de songer à recourir à un système encore plus coûteux, ils sont bien aises de céder au besoin de la paix. Ainsi, les méthodes modernes ont encore sous ce nouveau point de vue pour résultat d'abréger les guerres.

Toutefois nous ne nierons pas d'une manière absolue la possibilité d'une guerre conduite à l'avenir avec l'ancien appareil alimentaire; peut-être le verra-t-on encore employer, lorsque la nature des rapports réciproques y invitera les parties belligérantes, et que d'autres circonstances en favoriseront l'introduction.

Mais nous ne pouvons nous résoudre à considérer ce système comme dérivant naturellement des conditions à satisfaire ; c'est plutôt un moyen anormal, admissible dans certaines circonstances, mais qui ne découle pas spontanément de la vraie signification de la guerre. Nous sommes encore moins disposé à admettre que cette forme réalise un progrès de la guerre, comme étant plus philanthropique, car la guerre n'a rien de philanthropique elle-même.

Quel que soit le mode d'entretien préféré, il devient naturellement plus facile dans les contrées riches et peuplées, que dans celles qui sont pauvres et peu habitées. Nous tenons compte de la population, parce qu'elle se rattache de deux manières à la quantité de denrées disponibles. En effet, là où la consommation est grande, il faut qu'il y ait beaucoup de provisions, et puis une population plus forte produit davantage. Sans doute, les districts manufacturiers font exception à cette règle, surtout lorsqu'ils se composent de gorges de montagnes entourées de terrains stériles ; mais en général il est toujours plus facile de nourrir une armée là où la population est dense, que là où elle est clair semée. 700 lieues carrées habitées par 400 mille âmes, ne supporteront pas aussi facilement une armée de 100 mille hommes, quelle que soit d'ailleurs la fertilité du sol, que la même surface de terrain occupée par une population de 2 millions. De plus, dans les pays très peuplés, les communications par terre et par eau sont plus

nombreuses et meilleures, les moyens de transport plus abondants, les relations commerciales plus faciles et plus sûres. Bref, il est infiniment plus facile d'entretenir une armée en Belgique qu'en Pologne. En résumé, la guerre avec ses suçoirs multiples, s'attache volontiers aux grandes routes, aux villes populeuses, aux riches vallées des grands fleuves, et le long des côtes des mers fréquentées.

Ceci explique l'influence générale que les questions d'entretien de l'armée peuvent exercer sur la direction et la forme des entreprises, sur le choix du théâtre de la guerre, et sur celui des lignes de communication.

Jusqu'où cette influence doit-elle s'étendre, et quelle valeur faut-il attribuer dans les calculs au plus ou moins de facilité de l'entretien? Cela dépend évidemment de la manière dont la guerre doit être conduite. Si elle doit l'être dans son véritable esprit, c'est-à-dire avec la violence irréfrénée propre à son essence, avec le besoin ardent du combat et de la solution, alors la question d'entretien, tout en conservant de l'importance, devient accessoire. Quand, au contraire, il s'établit une sorte d'équilibre, quand les armées vont et viennent des années entières en restant dans une même province, alors l'entretien devient une chose prépondérante, l'intendant remplace le général, et la direction de la guerre se transforme en une administration de transports.

C'est ainsi qu'il existe des campagnes innombra-

bles où rien ne s'est fait, où le but a été manqué, les forces inutilement dépensées, et tout cela sous prétexte de manque de vivres. Napoléon au contraire avait coutume de dire : *Qu'on ne me parle pas des vivres !*

Il est vrai que la campagne de Russie est venue prouver que cette inattention peut être poussée trop loin. Nous ne dirons pas que toute la campagne a échoué par cette cause ; car ce ne serait là qu'une supposition. Mais il est indubitable que c'est à l'absence des soins relatifs à l'entretien, qu'est due la rapidité inouïe avec laquelle on se vit fondre cette armée durant sa marche en avant, ainsi que sa ruine complète pendant la retraite.

Cependant, sans vouloir méconnaître chez Napoléon la passion du joueur qui s'aventure souvent jusqu'aux extrêmes, nous devons avouer que lui et les généraux révolutionnaires qui l'ont précédé, ont détruit un puissant préjugé en matière de subsistances. Ils ont fait voir que cette question devait être considérée au point de vue d'une *condition*, sans pouvoir jamais se substituer au but.

Il en est du reste des privations à la guerre, comme des fatigues et du danger. Il n'existe pas de limites très nettes indiquant combien un général peut sous ce rapport demander à son armée. L'homme d'un caractère énergique saura exiger plus que l'homme facile et sensible. D'un autre côté, les épreuves que pourra supporter l'armée croîtront

suivant que la volonté et la force du soldat seront plus soutenues par l'habitude, par l'esprit militaire, par la confiance et l'amour que le chef lui inspire, ou par l'enthousiasme pour la cause de la patrie. Un principe semble toutefois pouvoir être posé : c'est que les privations et le besoin, quelque loin qu'ils aient pu être portés momentanément, ne doivent jamais être considérés que comme passagers ; une nourriture abondante, et parfois le superflu, doivent succéder. Qui ne serait ému en pensant à tant de milliers de soldats, qui, mal habillés, chargés d'un paquetage de 15 à 20 kilogrammes, se traînent péniblement des journées entières par tous les chemins et tous les temps, exposent sans cesse leur santé et leur vie, et qui en retour ne peuvent pas même obtenir du pain sec à discrétion. Si l'on pense combien cela est fréquent à la guerre, on conçoit à peine que la force et la volonté n'y succombent pas plus souvent, et l'on doit voir avec surprise qu'une direction spéciale des idées de l'homme soit capable, par son influence prolongée, de produire et de soutenir des efforts aussi prodigieux.

Celui qui imposera donc au soldat de grandes privations, exigées par quelque but considérable, devra, soit par sympathie soit par sagacité, ne pas perdre de vue le dédommagement qui lui est dû dès que les circonstances changent.

Maintenant nous avons encore à nous occuper de

la différence qui affecte les questions d'entretien à raison de l'attaque et de la défense.

Le défenseur peut pendant tout l'acte de la défense faire usage des ressources qu'il s'est ménagées en fait de subsistances. La défense manquera donc rarement du nécessaire en provisions de bouche. Cela est vrai surtout lorsqu'on est sur son propre territoire; mais cela s'applique aussi au cas inverse. L'attaque au contraire s'éloigne de ses ressources, et pendant tout le temps que dure le mouvement en avant, et même pendant les premières semaines d'un temps d'arrêt, elle doit de jour en jour se procurer le nécessaire, ce qui ne peut manquer de causer des embarras et de la pénurie.

Deux fois cette difficulté tend vers son point culminant. D'abord pendant la marche en avant, avant la solution; alors tous les approvisionnements du défenseur sont encore entre ses mains, tandis que l'agresseur a dû laisser les siens en arrière. En outre, il est obligé de tenir ses masses concentrées, et ne peut par conséquent pas occuper une grande étendue de terrain. Même ses équipages n'ont pu le suivre à partir du moment où les mouvements préliminaires de la bataille ont commencé. Si dans ce moment il n'a pas été pris de bonnes dispositions, il arrive facilement que les troupes souffrent de faim et de misère quelques jours avant la bataille décisive. Or, ce n'est certes pas là le moyen de leur y préparer l'avantage.

La seconde fois où la disette se fait sentir, c'est à la fin de l'élan imprimé par la victoire, lorsque les lignes de communication commencent à devenir trop longues. Ce cas se présente surtout lorsqu'on fait la guerre dans un pays pauvre, dont la population rare est encore parfois dans des dispositions hostiles. Quelle énorme différence n'y a-t-il pas entre une communication de Wilna à Moscou, où chaque charretée doit être amenée de force, et une ligne partant de Cologne et se prolongeant par Liége, Louvain, Bruxelles, Mons, Valenciennes et Cambrai jusqu'à Paris? Ici il suffit d'une commission donnée à un courtier, ou d'une lettre de change, pour se procurer des millions de rations.

Souvent déjà des embarras de cette nature ont suffi pour obscurcir l'éclat des victoires les plus magnifiques, en ruinant les forces, en obligeant à la retraite, et en répandant peu à peu sur celle-ci le caractère d'une défaite.

Le fourrage pour les chevaux, qui, ainsi que nous l'avons dit, manque rarement au début, est le premier à faire défaut lorsque la contrée s'épuise; car, à cause du grand volume qu'il occupe, il est difficile à amener de loin, et le cheval est, bien plutôt que l'homme, ruiné par la disette. Sous ce point de vue, une cavalerie ou une artillerie trop nombreuse peuvent devenir pour une armée un vrai fardeau, un principe débilitant.

BASE D'OPÉRATIONS.

—

Quand une armée quitte les lieux de sa formation pour marcher à une entreprise, que ce soit pour attaquer l'ennemi sur son théâtre de la guerre, ou pour prendre position sur ses propres frontières, elle reste dans une dépendance obligée des points en question, et doit se tenir en communication avec eux, parce que son existence et sa conservation en dé-

[redacted]

spéciaux d'approvisionnements, pour autant que cela est nécessaire, et on y organise les moyens convenables pour faire suivre régulièrement les éléments réparateurs. Cette portion de pays sert donc de *base* à l'armée et à ses entreprises, et doit être considérée comme ne faisant qu'un seul tout avec elle. Si, pour plus de sûreté, les dépôts sont établis dans des places fortes, l'idée de la base en acquiert plus de force, mais cette circonstance n'est pas nécessaire pour faire subsister l'idée, car dans bien des cas ce caractère lui manque.

Cependant une partie du pays ennemi peut aussi servir de base à l'armée, ou du moins faire partie de cette base; car quand une armée s'est avancée dans l'intérieur du territoire ennemi, elle tire de la surface conquise une grande partie de ce qui lui est nécessaire. Cela n'est vrai toutefois qu'à condition qu'on soit réellement maître de cette partie de territoire, c'est-à-dire qu'on soit certain de l'exécution des ordres qu'on y donne. Or, cette certitude s'étend rarement au delà de la région peu étendue où l'on peut inspirer de la crainte aux habitants au moyen de petites garnisons et de détachements qui vont et qui viennent. La conséquence en est, qu'en pays ennemi la région d'où l'on peut tirer des ressources de toute espèce, est très-restreinte à l'égard de la totalité des besoins d'une armée, et ne suffit généralement pas pour les satisfaire. On est donc obligé de tirer bien des choses de son propre

pays, d'où résulte que la portion de ce pays située directement derrière l'armée, conserve son importance comme élément nécessaire de la base.

Les besoins d'une armée sont de deux espèces : ceux que toute contrée cultivée peut satisfaire, et ceux qui obligent à recourir aux sources mêmes de sa formation. A la première catégorie appartiennent surtout les moyens de subsistance, à la seconde, les éléments réparateurs. Le territoire ennemi peut donc contribuer pour les premiers, tandis qu'on ne peut en général tirer les seconds que de son propre pays ; car ce sont, entre autres, des hommes, des armes, et le plus souvent même les munitions de guerre. Dans certains cas isolés cette distinction peut souffrir des exceptions, mais ces exceptions seront rares et peu considérables. La distinction dont il s'agit conserve donc une grande importance, et prouve derechef que la communication de l'armée avec les lieux de sa création est indispensable.

Les dépôts de vivres et fourrages sont le plus souvent formés dans des localités ouvertes, aussi bien en pays ennemi qu'en pays ami. Il n'y a pas autant de places fortes qu'il en faudrait pour recevoir cette masse très-considérable d'approvisionnements, qui se consomment rapidement, qui sont nécessaires tantôt sur un point, tantôt sur un autre, et dont la perte est d'ailleurs assez facile à remplacer. Mais les dépôts de rechanges comprenant les armes, les munitions et les objets d'équipement, sont établis à proxi-

mité du théâtre de la guerre, aussi peu que possible dans des lieux ouverts, fût-on même obligé de les éloigner davantage. En pays ennemi on les forme exclusivement dans des places fortes. On voit de nouveau par là, que l'importance de la base se fonde bien plus sur le besoin de rechanges que sur les moyens de subsistance.

Plus les ressources des deux espèces sont réunies en grands dépôts avant leur emploi, c'est-à-dire plus les diverses sources isolées sont réunies en grands réservoirs, d'autant plus on pourra considérer ceux-ci comme remplaçant le pays même, de sorte que l'idée de la base se rapportera surtout à ces grandes places de dépôt. Cependant cette dérivation de l'idée primitive ne doit jamais être poussée jusqu'à la substitution, c'est-à-dire on ne doit pas considérer les dépôts comme constituant à eux seuls la base.

Si ces sources de renouvellement et de subsistances sont très-abondantes, c'est-à-dire, si ce sont de riches contrées, si les approvisionnements y sont accumulés en grands dépôts, afin que l'action en soit plus prompte, si elles sont protégées d'une façon quelconque, très-rapprochées de l'armée, si de bonnes routes y conduisent, si leur étendue est grande en arrière de l'armée, ou si elles embrassent même en partie la position que celle-ci occupe, alors il en résulte pour l'armée, d'abord une vitalité plus robuste, et ensuite une plus grande liberté des mouvements. On a essayé de résumer tous ces

avantages de position d'une armée, au moyen d'une seule idée, c'est-à-dire la dimension de la base d'opérations. Ensuite on a voulu considérer le rapport de cette base avec le but des entreprises, puis l'angle que fait la ligne joignant les extrémités de cette base avec la direction du but considéré comme un point; l'ensemble de ces relations était destiné à exprimer la somme des avantages ou des désavantages qui devaient résulter pour une armée de la situation et de la nature de ses sources alimentaires et réparatrices. Mais il saute aux yeux que ces considérations géométriques n'aboutissent qu'à un jeu, car elles reposent sur une série de substitutions qui ont toutes été faites aux dépens de la vérité. En réalité, la base se compose, comme nous l'avons vu, de trois groupes de choses en rapport avec l'armée : les ressources de la contrée, les dépôts d'approvisionnements et de rechanges établis sur des points isolés, et enfin le territoire qui alimente ces dépôts. Ces trois groupes sont séparés quant à l'espace, ne se laissent pas fondre en un seul, et ne peuvent surtout pas être remplacés par une ligne, représentant l'étendue de la base dans le sens de sa largeur, ligne qu'on imagine en général tout à fait arbitrairement, soit d'une place forte à une autre, soit d'une capitale de province à l'autre, soit enfin le long de la frontière politique du pays. Il n'est même pas possible d'indiquer un rapport exact entre les trois groupes ci-dessus, car dans la réalité ils sont toujours plus ou

moins mêlés. Tantôt le pays environnant fournit divers moyens de renouvellement, que sans cela on serait obligé de faire venir de loin ; tantôt il devient nécessaire de faire venir de loin, même les provisions de bouche. Tantôt les places fortes les plus voisines sont de grandes places d'armes, des ports, des villes de commerce, renfermant toutes les ressources militaires d'un État, tantôt ce ne sont que quelques méchants remparts, se suffisant à peine à eux-mêmes.

Il est résulté de tout cela, que toutes les déductions tirées de la grandeur de la base et des angles d'opération, ainsi que tout le système théorique qu'on a fondé là-dessus, n'a jamais exercé la moindre influence dans la guerre réelle, du moins en ce qui regarde la partie géométrique. Quant au monde intellectuel, ce système n'a servi qu'à y encourager des divagations pitoyables. Mais comme l'enchaînement de ces idées reposait sur un fond de vérité, les développements seuls étant faux, on doit s'attendre à voir des conceptions analogues se reproduire fréquemment.

Nous pensons donc qu'il convient de s'arrêter au résultat que voici : Reconnaître en général que la base *exerce une influence* sur les entreprises ; qu'elle peut être *forte* ou *faible*, et cela *d'une certaine manière ;* mais qu'il n'existe aucun moyen d'exprimer la valeur d'une base au moyen d'une couple d'abstractions ; qu'au contraire chaque cas individuel

exige qu'on jette un coup d'œil d'ensemble sur les divers éléments dont elle se compose et que nous avons nommés.

Dès que les dispositions pour l'entretien et les renouvellements de l'armée sont prises dans certains districts et en vue d'une certaine direction des opérations, cette partie du territoire doit, même en pays ami, être considérée comme constituant seule la base de l'armée. Comme d'ailleurs un changement des dispositions en question exige une dépense de temps et de force, on voit que même dans son propre pays une armée ne peut pas d'un jour à l'autre déplacer sa base, et c'est ce qui fait qu'on est toujours plus ou moins limité quant à la direction de ses entreprises. Si l'on voulait donc, en opérant sur le territoire ennemi, considérer comme base de l'armée toute l'étendue de sa propre frontière, cela serait admissible au point de vue général, en ce sens que chez soi on *peut* partout organiser les éléments d'une base; mais cela ne serait pas vrai à tout instant, parce que cette organisation *n'existe pas* partout. Au commencement de 1812, lorque l'armée russe se retirait devant l'armée française, la première pouvait certes considérer toute la Russie comme sa base, d'autant plus que les grandes dimensions de cet empire offraient de grands espaces suivant toutes les directions. Cette idée n'était pas illusoire, car elle prit un corps lorsque plus tard d'autres armées russes marchèrent suivant diverses directions sur

l'armée française. Mais il ne s'ensuit pas que la base de l'armée russe fût aussi grande pendant chaque phase de la campagne ; car elle se résumait surtout dans les routes suivant lesquelles allaient et venaient les trains de voitures qui approvisionnaient l'armée. Cette restriction empêcha par exemple l'armée russe, après ses trois jours de combat à Smolensk, de choisir, pour continuer sa retraite nécessaire, une direction autre que celle de Moscou. Il avait en effet été proposé de se rejeter brusquement sur Kaluga afin d'attirer l'ennemi hors de la direction de la capitale. Un tel changement de direction n'eût été possible que s'il avait été prévu depuis longtemps.

Nous avons dit que la dépendance de la base croît en intensité et en étendue avec la grandeur de l'armée ; et cela se comprend sans peine. L'armée est comparable à un arbre. C'est dans le sol qui le porte que ce dernier pompe ses forces végétatives. Tant qu'il n'est qu'arbrisseau il se laisse facilement transplanter ; mais cela devient difficile, et de plus en plus difficile à mesure que l'arbre grandit. Un petit corps de troupes a aussi ses radicules d'alimentation, mais il trouve son existence plus facilement en tout lieu. Il n'en est pas de même d'une armée nombreuse. Ainsi lorsqu'il est question de l'influence que la base exerce sur les opérations, les idées doivent constamment se moduler, d'après la dimension de l'armée dont il s'agit.

Il est dans la nature des choses aussi, que la

nourriture a plus d'importance, en ce qui concerne les besoins de tous les instants, et que les moyens de renouvellement en acquièrent davantage sous le rapport de l'existence prolongée; car ceux-ci ne proviennent que de sources déterminées, tandis que les vivres et fourrages s'obtiennent par des voies diverses et multipliées. Cette observation spécifie encore un peu l'influence que la base exerce sur les opérations.

Cependant, quelque grande que soit cette influence, il ne faut pas oublier qu'elle est de celles qui n'amènent un effet décisif, qu'au bout d'un temps très-long, et que par conséquent la question est de savoir ce qui peut être réalisé pendant ce temps. Ainsi la valeur d'une base d'opérations exercera rarement de prime abord un effet déterminant, quand il s'agira du choix d'une entreprise, pour autant du moins qu'on ne veuille pas l'impossible. Les difficultés que peuvent soulever les considérations relatives à la base seule, doivent être comparées avec l'efficacité des grands moyens; souvent des obstacles de cette nature s'évanouiront alors, devant la puissante influence de victoires décisives.

—

LIGNES DE COMMUNICATION.

En général plusieurs routes conduisent de la position d'une armée vers les points où sont accumulées ses ressources d'entretien et de rénovation, et qui sont généralement aussi les points de retraite. Ces routes ont une double signification. Elles constituent d'abord les *lignes de communication* servant à recompléter sans cesse la force armée ; puis elles sont aussi des *lignes de retraite*.

Nous avons dit au chapitre précédent, que nonobstant le mode d'entretien moderne par suite duquel une armée puise sa subsistance principalement dans la contrée qu'elle occupe, il faut la considérer comme constituant un seul tout avec sa base. Or, les lignes de communication font partie de ce tout ; elles établissent la liaison entre la base et l'armée, et doivent

par conséquent être considérées comme autant d'artères vivifiantes. Les fournitures de toute espèce, les convois de munitions, les détachements qui vont et qui viennent, les estafettes et les courriers, les hôpitaux et les dépôts, les parcs de réserve, les employés d'administration, couvrent constamment ces routes, et la valeur collective de ces objets est d'une importance considérable pour l'armée.

Ces canaux alimentaires ne peuvent donc pas être interrompus d'une manière permanente, ni être trop longs ou trop pénibles à parcourir; car la longueur de la route cause toujours quelque perte de force. Dans le cas contraire, il se manifeste bientôt un état morbide dans l'organisme de l'armée.

Dans leur seconde signification, c'est-à-dire comme lignes de retraite, ces routes constituent le dos stratégique de l'armée.

Dans les deux cas la valeur de ces routes dépend de leur *longueur*, de leur *nombre*, de leur *situation* (c'est-à-dire leur direction géographique ou moyenne, et leur direction locale ou absolue dans le voisinage de l'armée), de leur *qualité* comme route, de la *difficulté du terrain* (quant à la locomotion), de la *relation politique* et des *dispositions* morales des habitants de la contrée qu'elles traversent, et enfin de la *protection* que leur prêtent des places fortes ou des obstacles naturels du terrain.

Cependant toutes les routes ou autres communications conduisant de l'armée vers les sources de son

existence et de sa vitalité, ne font pas partie de ses lignes de communication proprement dites. Elles peuvent sans doute devenir utiles; elles peuvent être considérées comme un supplément du système des lignes de communication; mais le système lui-même se réduit aux routes *préparées* à cet effet. Ce sont les routes sur lesquelles on a établi ses dépôts, ses hôpitaux, ses étapes, sa circulation postale, sur lesquelles on a installé ses commandants et réparti sa gendarmerie et ses garnisons. Mais ici se présente une différence très-essentielle et souvent négligée, se rapportant à la possession du territoire. Dans son propre pays, une armée aura aussi sa ligne de communication préparée, mais elle n'en dépend pas absolument. En cas de besoin, elle peut l'abandonner et choisir toute autre route disponible. Partout elle est chez elle, partout elle a ses fonctionnaires, partout elle rencontre la bonne volonté. Ainsi, lors même que les autres routes sont moins avantageuses et moins appropriées aux circonstances dans lesquelles peut se trouver une armée opérant dans son propre pays, il n'est du moins pas impossible à cette armée de choisir une de ces routes. Il en résulte que si elle se voyait tournée et obligée de changer de front, elle ne se heurterait pas contre une impossibilité. Une armée en pays ennemi, au contraire, ne peut en général considérer comme lignes de communication que les routes qu'elle a suivies en avançant. Or, il se présente ici dans les effets une très-

grande différence, due à des causes minimes, ou du moins peu apparentes. L'armée qui pénètre sur le territoire ennemi, organise durant sa marche en avant les divers éléments constitutifs de la ligne de communication. Cela se fait en présence de l'armée, sous sa protection. La terreur que cette présence inspire aux populations communique l'autorité nécessaire aux mesures prises, et, en leur imprimant aux yeux des habitants le cachet d'une nécessité irrévocable, amène même ces derniers à les accepter comme un allégement aux maux que la guerre entraîne toujours à sa suite. De petites garnisons, qu'on laisse de temps en temps derrière soi, protégent et soutiennent ce système. Mais si l'on s'avisait d'envoyer ses intendants, ses commandants d'étapes, sa gendarmerie, ses estafettes et tout le reste de l'appareil administratif sur une route éloignée par laquelle l'armée n'est pas venue, les habitants ne manqueraient pas de considérer ces dispositions comme une charge dont on pourrait fort bien les dispenser; et alors, à moins que les déroutes et les catastrophes les plus complètes n'eussent répandu une terreur panique dans le pays, les fonctionnaires seraient traités en ennemis et renvoyés avec des horions. Il faudrait donc, avant tout, commencer par établir des garnisons pour soumettre la nouvelle route, garnisons qui, dans ce cas, devraient même être plus fortes qu'à l'ordinaire. Malgré cela, on courrait toujours le danger de voir les habitants essayer de se

révolter contre ces forces. Bref, l'armée qui s'avance en pays ennemi se trouve privée de tous les instruments de l'autorité reconnue ; elle est obligée d'installer des autorités exceptionnelles, s'appuyant sur la force des armes ; or, c'est là ce qu'elle ne peut pas faire, ni partout ni toujours, sans sacrifices ou sans difficultés. — Il résulte de tout cela qu'une armée, opérant en pays ennemi, peut encore beaucoup moins sauter d'une base à l'autre en déplaçant son système de communication que ne le peut une armée dans son propre pays, où cela est possible jusqu'à un certain point. Par conséquent, une armée, opérant en pays ennemi, est bien moins libre dans ses mouvements, et plus sensible aux démonstrations dirigées contre ses communications.

Même au début de la guerre, le choix et l'organisation de la ligne de communication sont soumis à une foule de conditions restrictives. Non-seulement on doit préférer les grandes routes, mais il convient, sous bien des rapports, de choisir les plus grandes, celles qui touchent le plus de villes riches et populeuses et qui sont protégées par le plus de places fortes. Les fleuves aussi, comme voies navigables, et les ponts, comme points de passage, entrent en ligne de compte. D'après cela, la situation des lignes de communication, et par conséquent le chemin à parcourir par l'armée qui prend l'offensive, ne peuvent être librement choisis que jusqu'à un certain point et d'une manière générale, car la position précise dépend des données géographiques.

Toutes les circonstances que nous avons énumérées plus haut font par leur influence collective que la communication d'une armée avec sa base est ou forte ou faible. Maintenant, si l'on compare sous ce rapport les communications respectives de deux armées opposées, le résultat fera voir laquelle des deux est le mieux en état de couper à son adversaire la ligne de communication ou même la retraite, c'est-à-dire, pour nous servir du terme technique, de la *tourner*. Abstraction faite de toute supériorité physique ou morale, celui-là des deux adversaires pourra seul le tenter avec succès, dont les lignes de communication sont plus fortes que celles de son ennemi; car sans cela ce dernier se garantira par le plus court chemin en usant de représailles.

Mais en tournant l'ennemi, on peut avoir deux buts différents, à cause de la double signification des routes qu'on veut couper. On cherche à désorganiser ou interrompre les lignes de communication, afin de faire dépérir l'armée à laquelle elle appartient, ce qui l'oblige à la retraite, ou bien on veut couper la retraite à cette armée.

Quant au premier but, il est à remarquer qu'une interruption qui n'est que momentanée se fait rarement sentir avec le mode d'entretien qui est aujourd'hui en vigueur. Pour être efficace, l'interruption doit être longue, afin que le nombre des pertes successives compense ce qui leur manque en importance. Une expédition momentanée contre les communications pouvait jadis porter un coup fatal, à

cause des milliers de chariots à pain circulant sur ces lignes par suite du système artificiel d'entretien qui était en vigueur. Aujourd'hui une telle entreprise resterait sans effet, eût-elle même parfaitement réussi. En effet, elle aboutirait tout au plus à l'enlèvement de quelque transport isolé, ce qui pourrait causer un tort partiel à l'ennemi, mais ne l'obligerait jamais à la retraite.

Par conséquent, les entreprises sur les flancs, qui ont d'ailleurs toujours été plus en honneur dans les livres que sur le terrain, ont de nos jours un caractère encore moins pratique. Il n'y a réellement que les lignes de communication très-longues qui puissent être compromises, lorsque les circonstances sont d'ailleurs défavorables. Ce qui est surtout dangereux pour les lignes de communication, ce sont les attaques d'une population insurgée, prêtes à tout instant et sur tous les points.

Pour ce qui concerne le second but, qui est de couper la retraite, nous remarquerons qu'il ne faut pas s'exagérer le danger des lignes de retraite trop étroites ou trop exposées; car l'expérience de nos jours a fait voir qu'il est moins facile de cerner de bonnes troupes commandées par un chef hardi, qu'il ne l'est à celles-ci de se faire jour.

Les moyens d'abréger et d'assurer les communications trop longues sont extrêmement restreints. S'emparer d'un certain nombre de places fortes dans le voisinage de la position occupée, et sur les routes en arrière, ou fortifier quelques places convena-

bles, lorsque le pays n'en possède pas, user de bons traitements à l'égard des habitants, observer une discipline sévère, exercer une bonne police dans le pays, consacrer beaucoup de soins à l'amélioration des routes, voilà toutes les mesures propres à diminuer le mal, mais qui naturellement ne peuvent pas le faire disparaître complétement.

Du reste, ce qui a été dit au chapitre des subsistances, quant aux chemins que les armées prennent de préférence, s'applique également aux lignes de communication. Les plus grandes routes traversant les villes les plus riches, les provinces les plus cultivées, forment les meilleures lignes de communication. Elles méritent la préférence, même lorsqu'elles obligent à des détours considérables, et fournissent dans la plupart des cas des données précises pour le choix définitif *de la position* à prendre avec l'armée.

DU TERRAIN.

Le terrain, indépendamment de ses rapports avec les ressources alimentaires, qui appartiennent à une face de la question distincte de celle que nous allons examiner, exerce une influence directe et continuelle sur les opérations militaires. Cette influence est très-décisive en ce qui concerne le combat. Elle s'exerce non-seulement pendant la durée de celui-ci, mais aussi sur les préliminaires qui servent à le préparer, et sur l'usage qu'on en fait. C'est cette influence du terrain que nous avons à examiner.

Les effets du terrain sont principalement du ressort

de la tactique; cependant les résultats tombent sous l'examen de la stratégie. Un combat dans les montagnes, par exemple, est toute autre chose, quant à ses conséquences aussi, qu'un combat en plaine.

Cependant, comme nous n'avons pas encore établi la distinction entre l'offensive et la défensive, ni étudié ces formes dans leur spécialité, nous ne pouvons pas encore nous occuper des principales questions qui se rapportent aux effets du terrain, et nous devons nous borner à en considérer les caractères généraux. Le terrain influe sur la guerre par trois de ses propriétés. Ces propriétés sont : d'offrir des obstacles au mouvement, de borner la vue, et de fournir des abris contre les effets du feu. Tous les autres effets du terrain peuvent se ramener à ces trois idées.

Il est évident que cette triple influence du terrain tend à introduire dans l'action militaire plus de diversité, plus de complication et plus d'art, car ce sont trois nouvelles grandeurs qui entrent dans les combinaisons.

L'idée d'une plaine parfaite et complétement découverte, c'est-à-dire d'un terrain entièrement privé d'influence, ne peut se réaliser dans l'application que pour de très petites subdivisions de troupes; encore cela n'est-il vrai que pour un petit intervalle de temps. Pour les corps de troupes plus grands, considérés pendant un laps de temps plus considérable, les accidents du terrain interviennent dans l'action. Quant aux armées entières, on ne peut même

pas concevoir un seul instant, par exemple, celui de la bataille, où l'influence du terrain ne se ferait pas sentir.

On peut donc considérer l'influence du terrain comme s'exerçant sans cesse, quoiqu'elle varie en grandeur, suivant la nature de la contrée.

Si nous considérons la surface du sol dans son ensemble, nous trouvons que trois caractères principaux la distinguent de l'idée d'une plaine ouverte. C'est d'abord par la forme, c'est-à-dire par des élévations et des dépressions de la surface, puis par des accidents naturels, tels que les forêts, les marais et les lacs, et enfin par ce que la culture a produit. L'influence du terrain sur l'action militaire croît suivant chacune de ces trois directions. En les suivant suffisamment loin, nous arrivons au pays de montagnes, au pays peu cultivé, couvert de forêts et de marais, et enfin au pays très-cultivé. Dans chacun des trois cas, la guerre gagnera donc en complications et en combinaisons.

Quant à la culture, il est à remarquer que toutes ses formes n'influent pas également. Celle qui produit le plus d'effet est en usage dans les Flandres, le Holstein et d'autres contrées, où le pays est entrecoupé d'une multitude de fossés, de haies, de clôtures et de digues, et parsemé d'habitations isolées et de fourrés.

Ainsi la guerre sera le plus facile à conduire dans un pays plat et moyennement cultivé. Mais cela n'est vrai que d'une manière générale, et quand on fait

abstraction du parti que la défense peut tirer des obstacles du terrain.

Chacune des trois sortes de terrain indiquées influe donc aussi de trois manières, c'est-à-dire en s'opposant au mouvement, en bornant la vue, et en servant de couvert. Et ces influences seront différentes pour chaque genre de terrain.

Dans un pays couvert de forêts, c'est l'obstacle à la vue qui domine; dans les montagnes, c'est l'obstacle au mouvement. Un pays très-cultivé tient le milieu entre les deux effets.

Dans les pays de forêts, une grande partie du sol se refuse en quelque sorte au mouvement, parce qu'outre les difficultés de la marche, l'impossibilité de voir autour de soi empêche d'employer un moyen quelconque pour se frayer un passage. Mais cette circonstance simplifie autant l'action d'un côté qu'elle la complique de l'autre. Si donc dans un pays de cette nature il est difficile de réunir toutes ses forces pour le combat, par contre le fractionnement n'est pas aussi grand qu'il le devient d'ordinaire dans les montagnes, ou dans les terrains très coupés; en d'autres termes, dans un pays de forêts, la division des forces est plus inévitable mais moins multipliée.

Dans les montagnes, c'est l'obstacle au mouvement qui prédomine, et ses effets sont doubles. En effet, d'abord il n'est pas possible de passer partout; puis, là où l'on peut passer, la locomotion est plus lente et plus pénible. C'est pourquoi la vitesse de tous les

mouvements se réduit dans les montagnes, et en général toute l'action y prend plus de temps. Mais le terrain montueux a encore une propriété toute spéciale qui le distingue de tous les autres; c'est qu'un point y domine l'autre. Nous consacrerons le chapitre suivant tout entier à l'examen de ce caractère spécial. Ici nous nous bornerons à remarquer que c'est cette propriété qui cause le fractionnement si multiplié des forces en pays de montagnes; car tout point y acquiert, outre son importance propre, celle due à l'avantage que son relief peut procurer à l'égard d'autres points.

Comme nous l'avons déjà dit ailleurs, les trois genres de terrain ont pour effet, à mesure que leurs caractères respectifs se dessinent plus fortement, de réduire progressivement l'influence du chef suprême sur les résultats, tandis que les forces des subordonnés, jusqu'au soldat inclusivement, se prononcent de plus en plus. Plus le fractionnement devient grand, moins la vue de l'ensemble devient possible, et plus les individus sont abandonnés à eux-mêmes. Cela est évident. Il est vrai que le fractionnement et la diversité de l'action croissant, l'effet de l'intelligence doit augmenter, et le commandant en chef lui-même doit pouvoir ainsi déployer plus de sagacité. Mais ici nous devons encore une fois rappeler ce que nous avons déjà dit, c'est-à-dire qu'à la guerre la somme des résultats partiels pèse plus que la forme de leur combinaison. D'après cela si nous

poussons notre hypothèse à l'extrême, en nous représentant une armée entière fractionnée en une grande ligne de tirailleurs, dans laquelle chaque soldat livrerait sa petite bataille indépendante, nous trouverons que le résultat dépendra bien plus de la somme des victoires individuelles, que de la forme de leur ensemble. Car l'effet de bonnes combinaisons ne peut provenir que de résultats positifs, et non de résultats négatifs. Ainsi dans ce cas, le courage, l'adresse et l'esprit des combattants décideront de tout. Alors seulement que les armées opposées seront d'égale valeur, ou que leurs qualités spéciales se feront équilibre, le talent et la sagacité du chef pourront reconquérir une influence décisive. Voilà pourquoi les guerres d'opinion, les insurrections, etc., nous montrent le succès accompagnant l'extrême fractionnement des forces, combiné par conséquent avec un terrain très coupé. En effet, l'esprit des combattants isolés y est du moins exalté à un haut degré, en admettant même que toute supériorité leur manque en fait de bravoure et d'adresse. Mais dans tout autre terrain, de pareilles forces seraient incapables de soutenir la lutte, parce qu'elles manquent ordinairement de toutes les qualités qui sont déjà indispensables à la réunion de corps de troupes d'une force moyenne.

La nature des forces armées ne passe du reste que d'une manière graduelle de l'un de ces extrêmes à l'autre, car une armée, même complétement per-

manente, acquiert déjà quelque chose de national quand elle défend le territoire national, et dans ce cas elle se prête mieux au fractionnement.

Plus une armée manque des qualités ou des rapports qui en permettent le fractionnement, et plus ces qualités sont prononcées chez son adversaire, plus elle redoutera l'éparpillement et les terrains coupés. Mais il ne lui est pas toujours loisible d'éviter les terrains coupés, vu qu'on ne choisit pas son théâtre de guerre comme on fait d'une marchandise d'après une carte d'échantillons. C'est pourquoi nous voyons le plus souvent les armées qui d'après leur nature ont de l'avantage à combattre en masse, épuiser toutes les combinaisons afin de maintenir leur système, autant que possible, *malgré la nature du terrain*. Elles sont obligées ainsi de se soumettre à d'autres inconvénients, tels que la difficulté et l'insuffisance de la nourriture et du logement, et dans le combat, l'obligation de soutenir des attaques multipliées dans tous les sens. Mais l'inconvénient qu'il y aurait pour elles à renoncer à tous leurs avantages spéciaux, serait bien plus grand encore.

Les deux tendances contraires portant, l'une vers la concentration, l'autre vers la dispersion des forces combattantes, existent à un degré plus ou moins prononcé suivant la nature de ces forces. Mais même dans les cas les plus tranchés, elles ne peuvent pas s'abandonner à ces tendances d'une manière absolue. L'une ne peut pas toujours rester concentrée com-

plétement, et l'autre ne peut pas espérer le succès uniquement du combat à la débandade. Ainsi, les Français eux-mêmes furent obligés de fractionner leurs forces en Espagne, tandis que les Espagnols qui défendaient leur territoire au moyen de l'insurrection populaire, furent obligés de tenter avec une partie de leurs forces, le sort des grands champs de bataille.

Après les rapports entre le terrain et la qualité des forces armées en général, et surtout les éléments politiques de leur composition, les plus importants qui nous restent à examiner concernent la proportion des trois armes.

Dans tous les terrains très impraticables, que ce soit à cause des montagnes, des forêts ou de la culture, une cavalerie nombreuse est inutile. Dans les contrées boisées, il en est de même de l'artillerie; car on peut manquer facilement et de l'espace nécessaire pour en tirer tout l'effet utile, et des chemins pour la faire passer, et du fourrage pour les chevaux. Les contrées très-cultivées sont moins défavorables à l'emploi de cette arme, et le pays de montagne l'est encore moins. Il est vrai que ces deux derniers genres de terrain présentent des couverts contre le feu, ce qui les rend défavorables à l'arme qui n'agit que par le feu. De plus, les bouches à feu s'y trouvent souvent compromises par l'infanterie ennemie qui passe partout. Cependant, dans les deux genres de terrain il ne manque presque jamais absolument

d'espace pour employer une nombreuse artillerie, et dans les montagnes elle possède même le grand avantage de produire plus d'effet à cause de la lenteur obligée des mouvements de l'ennemi.

Quant à l'infanterie, elle possède dans tous les terrains difficiles une supériorité incontestable sur les autres armes. Par conséquent dans des terrains de cette nature, sa force numérique peut dépasser sensiblement la proportion ordinaire.

RELIEF DU TERRAIN.

Le mot *dominer* possède un prestige particulier dans l'art de la guerre, et dans le fait, c'est à l'élément qu'il désigne que se rapporte la plus grande moitié des influences que le terrain exerce sur l'emploi des forces armées. C'est là l'origine de maints arcanes des érudits militaires, tels que *les positions qui commandent, les positions qui sont des clefs, les manœuvres stratégiques, etc.* Nous allons nous efforcer d'examiner cet objet aussi attentivement que possible, sans nous engager dans les développements que comporterait une étude complète de la question. Nous passerons simultanément en revue le vrai et le faux, la réalité et l'exagération.

Toute manifestation de force physique est plus difficile de bas en haut que de haut en bas, et par conséquent, il doit en être de même du combat. Nous apercevons trois causes apparentes de cette différence : la première consiste en ce que toute hauteur entrave l'accès vers son sommet; la seconde consiste en ce que celui qui tire de haut en bas, sans atteindre beaucoup plus loin, a cependant en sa faveur une probabilité de toucher sensiblement supérieure à celle qui correspond à la situation inverse; la troisième, enfin, consiste dans l'avantage de la vue. Nous n'avons pas à nous occuper de la manière dont ces trois causes se combinent dans le combat. Nous nous contentons de fondre en un seul la somme des avantages que la tactique retire de la hauteur, et le résultat sera notre premier avantage stratégique.

Mais le premier et le dernier des avantages tactiques que nous avons cités, se reproduisent de nouveau comme avantages stratégiques, à raison des marches et des reconnaissances qui font partie de la stratégie.

En effet, si par le fait seul de marcher sur la hauteur, on oppose des entraves à l'accès de celui qui se trouve à un niveau inférieur, cela constitue un deuxième avantage stratégique; le troisième résulte, comme dans la tactique, de l'étendue plus considérable de la vue que procure la hauteur.

Voilà les éléments constitutifs de ce supplément

de force attaché à la position dominante. Voilà les sources de ce sentiment de supériorité et de sécurité qu'éprouve celui qui occupe la crête d'une hauteur, en voyant son ennemi à ses pieds. C'est là aussi l'origine du sentiment de faiblesse et d'inquiétude éprouvé par celui qui est en bas. Peut-être l'impression totale est-elle exagérée, parce que les avantages de la hauteur frappent plus les sens que ne le font les circonstances qui sont de nature à restreindre ces avantages. Or, si l'impression portait naturellement à l'exagération, nous devrions considérer cet effet de l'imagination comme un nouvel élément destiné à rehausser l'influence de la hauteur.

Il est vrai que l'avantage de la facilité du mouvement n'est pas absolu, et ne se trouve pas toujours du côté de celui qui est sur la hauteur ; mais cela arrive chaque fois qu'un adversaire placé plus bas veut le rejoindre. L'avantage s'évanouit lorsqu'une large vallée sépare les adversaires, et il est inverse quand il s'agit de se rejoindre dans la plaine (bataille de Hohenfriedberg). Il en est de même quant à l'étendue de la vue, qui souffre bien des restrictions. Ainsi, le terrain inférieur peut être très boisé, ou bien les masses mêmes de la montagne où l'on se trouve, peuvent s'interposer pour borner les vues. Il y a des cas innombrables où l'on chercherait en vain, sur le terrain même, les avantages d'une position dominante qu'on croirait avoir reconnue sur la carte.

Dans une recherche de cette nature, on serait souvent tenté de croire qu'on se trouve impliqué au milieu de tous les inconvénients inverses des avantages qu'on s'était promis. Cependant ces restrictions ne font pas disparaître entièrement la supériorité que procure la hauteur aussi bien pour la défensive que pour l'offensive. Nous dirons en quelques mots de quelle manière cela a lieu dans les deux cas.

Parmi les avantages stratégiques de la hauteur, qui sont : *la force tactique supérieure*, *la difficulté de l'accès*, et *l'étendue de la vue*, les deux premiers sont de nature à ne servir qu'à la défensive; car celui qui reste en position peut seul en tirer parti, puisque l'autre est libre de les annuler en s'éloignant. Quant au troisième avantage il peut servir aussi bien à l'attaque qu'à la défense.

On voit par là combien les hauteurs ont d'importance pour la défense; et comme on ne peut s'en procurer l'avantage d'une manière prononcée que par les positions dans les montagnes, il faudrait en conclure que les positions dans les montagnes sont très-utiles à la défense. Mais nous verrons dans le chapitre qui traite de la défense des montagnes, de quelle manière ce résultat se modifie par suite d'autres circonstances.

Il faut distinguer avant tout, s'il ne s'agit que de la hauteur d'un point, par exemple, d'une position d'armée; dans ce cas les avantages stratégiques s'évanouissent en se réduisant à peu près aux avanta-

ges tactiques d'une bataille livrée sur un terrain favorable. Mais si l'on se représente une contrée étendue, par exemple, une province entière, formée d'un seul versant, semblable à ceux qui partent des principaux points de partage des eaux, de sorte qu'on puisse y marcher plusieurs jours en dominant constamment sur le terrain en avant : alors les avantages stratégiques s'étendent. Car ici l'effet dû à la hauteur ne se renferme plus dans les limites des combinaisons d'un seul combat, mais il commence à influer sur la combinaison de plusieurs combats entre eux. C'est ainsi qu'il en est de la défense.

Quant à l'offensive, elle retire en quelque sorte les mêmes avantages de la hauteur que la défense, et cela parce que l'offensive stratégique ne se résume pas en un seul acte comme l'attaque dans la tactique. L'offensive stratégique ne consiste pas en une marche en avant non interrompue, semblable à celle d'un rouage ; mais elle se divise en marches successives, séparées par des temps d'arrêt plus ou moins prolongés. Or, pendant chaque temps de repos l'agresseur se trouve momentanément sur la défensive aussi bien que son adversaire.

L'avantage résultant d'une vue plus étendue, fait naître pour l'attaque aussi bien que pour la défense un nouvel élément actif de la hauteur, que nous devons mentionner. C'est la facilité d'opérer au moyen de troupes divisées. En effet, les mêmes avantages

que la hauteur assure à l'armée entière, appartiennent aussi à chacune de ses parties considérées isolément. Par conséquent, un grand ou un petit corps isolé est plus fort qu'il ne le serait sans cet avantage, et on peut l'établir avec moins de risque, que si l'on n'occupait pas une position dominante. Nous verrons ailleurs quelle est l'utilité qu'on peut retirer de ces forces séparées.

Si, outre la hauteur, on a pour soi d'autres avantages géographiques, si les mouvements de l'adversaire sont encore gênés par d'autres circonstances, telles que la proximité d'un grand fleuve ; alors les embarras de sa position peuvent devenir tellement grands, qu'il pourra à peine s'y soustraire assez promptement. Aucune armée ne peut se maintenir dans la vallée où coule un grand fleuve, si elle n'est pas en possession des crêtes des hauteurs qui forment cette vallée.

C'est ainsi que l'occupation d'une hauteur peut devenir littéralement un moyen de *domination*, et il est impossible de nier ce que cette idée contient de vrai. Mais cela n'empêche pas que les expressions, *contrée dominante*, *position couvrante*, *clef du pays*, *etc.*, pour autant qu'elles se rapportent aux propriétés des hauteurs, ne sont, la plupart du temps, que des formules creuses auxquelles il manque un sens raisonnable. C'est pour assaisonner les banalités apparentes des combinaisons militaires, qu'on a eu recours à ces fragments de l'argot prétentieux des

théories; ils servent de thème favori aux soldats savants, de baguette magique aux adeptes de la stratégie, et tout le néant de ces jeux de la pensée, toutes les preuves contradictoires de l'expérience, n'ont pu persuader aux écrivains et aux lecteurs, que leur amusement consistait à remplir le tonneau percé des Danaïdes. Sans cesse la condition a été confondue avec le but, et l'instrument pris pour l'action elle-même. On a considéré l'occupation d'un terrain ou d'une position, comme une manifestation de force, comme un coup porté, et la position elle-même comme un résultat. La première n'est cependant qu'une attitude, et la seconde un instrument inanimé, une simple propriété, ne pouvant se manifester qu'en présence d'un objet : c'est le signe + ou —, non encore suivi d'une quantité. Le coup porté, l'objet, le résultat, c'est LE COMBAT VICTORIEUX. Voilà ce qui a une valeur, voilà ce qui compte dans les calculs. C'est là ce que l'on ne doit jamais perdre de vue, aussi bien pour les jugements portés dans les livres que pour l'action sur le terrain.

Mais si le nombre et l'importance des combats victorieux constituent seuls le résultat, il est évident dès lors que c'est à la valeur comparée des deux armées et de leurs chefs qu'il convient d'attribuer la prépondérance, et que le rôle que joue l'influence du terrain n'est que secondaire.

EXPÉRIENCES DE BAPAUME.

DE L'EXÉCUTION DES BRÈCHES PAR LA MINE.

SUITE.

Général Guillemain.

34. Le général Guillemain, ancien capitaine de mineurs, à la fin d'un mémoire sur la démolition des contrescarpes dit : « J'ai remarqué d'ailleurs, « dans nombre d'expériences de démolition faites « par des fourneaux engagés dans les terres, en « arrière du revêtement, qu'il avait suffi d'une « hauteur de terre-plein au-dessus du fourneau, « égale, à peu près, à la ligne de moindre résis- « tance du côté du fossé, pour déterminer la chute « du mur et je n'ai pas vu manquer de démolition, « à raison d'une différence de ténacité dans des « milieux composés d'un côté de terre, de l'autre « de maçonnerie. »

Projet du commandant de l'école d'Arras en 1847.

35. Dans les projets pour 1847, le commandant de l'école d'Arras place les fourneaux en retour dans le mur, à la racine des conforts. Il charge comme dans la maçonnerie sans réduction (c'est ainsi qu'on dispose les mines pour démolitions dans le *Traité des Mines* de Vauban, édition Foissac, Pl. 4).

Observations du colonel de Cassières.

36. Dans ses apostilles de 1847 le colonel de Cassières fait observer qu'on a coutume, pour les démolitions, de ne pas tenir compte du sens de la ligne de moindre résistance, c'est-à-dire si elle est horizontale ou verticale. Il lui semble que cette direction doit avoir de l'influence sur la forme des entonnoirs, et qu'en outre, pour une même ligne de moindre résistance, la charge devrait être d'autant plus grande que le revêtement est plus élevé : cependant il prend comme vrai le principe généralement admis, d'avoir égard au coefficient des maçonneries. Il place un fourneau dans chaque contre-fort; il regarde les maçonneries de Bapaume comme moyennes; il admet que la charge des fourneaux intermédiaires doit être diminuée en raison du recroisement des entonnoirs; que les fourneaux extrêmes, bien que se recroisant d'un côté, doivent conserver leur charge entière afin d'obtenir la largeur voulue pour la brèche.

Résistance des galeries. — Expériences des écoles d'Arras, de Metz et de Montpellier.

37. On voit, dans le compte rendu de l'École de Montpellier, que quelques expériences avaient été faites à Metz et à Arras en 1831 sur la résistance des galeries en maçonnerie. On les a soumises à l'explosion de 200 kilogrammes de poudre déposés dans un puits de boule sans bourrage, ayant $4^{m},10$ de ligne de moindre résistance. On avait

doublé la charge à cause de la suppression du bourrage. On concluait des effets obtenus :

1° Qu'une galerie en maçonnerie résistait à un fourneau placé au-dessus ou sur le flanc à une distance $\frac{6}{8}$ h, et était écrasée à $\frac{5}{8}$ h.

2° Qu'un rameau avec parois de même épaisseur résistait à un fourneau placé à $\frac{4}{8}$ h sur le côté, un peu au-dessus de l'extrados.

L'expérience de l'École de Montpellier, en 1837, avait pour but de savoir si un rameau résistait à un fourneau placé au-dessus de sa voûte à $\frac{3}{8}$ h.

La ligne de moindre résistance du côté du sol était 4 mètres, la charge 200 kilogrammes, était double de celle qui correspondait à cette ligne de moindre résistance, la distance des poudres à la galerie égalait $\frac{3}{8}$ $h = 1^m,5$. Le bourrage du puits consistait en terre jetée rapidement à la pelle sans être régalée ni damée. Le rameau fut crevé sur 3 mètres de longueur. On a conclu de cette expérience qu'un rameau en maçonnerie de $0^m,45$ d'épaisseur à la voûte était rompu par l'explosion d'un fourneau ordinaire, lorsque l'extrados de la voûte ne se trouvait éloigné du centre des poudres que de $\frac{3}{8}$ de la ligne de moindre résistance de ce four-

neau. Cette conclusion n'est pas entièrement incontestable, parce que le bourrage n'a pas été supprimé et qu'alors les 200 kilogrammes correspondant à $h = 5^m,1$ ont brisé jusqu'à $\frac{5}{8}\, 5^m,1 = 3^m,17$ comme dans le cas du fourneau latéral.

Epreuve du globe de compression faite à Mézières, le 11 août 1845.

38. On se proposait d'éprouver la résistance de galeries maçonnées contre les globes de compression. Le sol était formé de bancs alternatifs d'argile compacte et de calcaire fissuré de $0^m,70$ d'épaisseur pour les premiers, $0^m,25$ pour les seconds. On fit un puits de manière à avoir $h = 2^m,70$ et $T = 7^m,10$. 700 kilogrammes de poudre déterminés par la formule $c' = c\,(0^m,09 + 0^m,91\; n)^3\, K$, en supposant $n = 3$, $K = 1,25$. La charge était placée à $3^m,30$ verticalement au-dessus de l'intrados de la galerie et à 3 mètres de parement intérieur de son pied-droit.

La violence de l'explosion fut extrême, l'entonnoir de $4^m,50$ de profondeur avait $13^m,90$ de diamètre. La gerbe s'éleva à plus de 60 mètres; les terres qui en provenaient avaient éte projetées dans un cercle de 40 à 60 mètres de rayon ; des pierres en grand nombre lancées dans un second cercle de 150 à 200 mètres, quelques-unes même jusqu'à 400.

La commotion produite dans l'air fut tellement forte que, dans une maison située dans le cours d'Orléans, à 800 mètres de l'explosion, une cloison, contre laquelle de petites glaces étaient placées, fut ébranlée et que les glaces se brisèrent en tombant.

Dans la partie la plus rapprochée du fourneau, où les pieds-droits avaient $0^m,80$ d'épaisseur, la galerie voûtée résista sur 5 à 6 mètres, au-delà où ils n'avaient plus que $0^m,50$, avec un ciel en madriers, la galerie fut complétement remplie de décombres provenant de la chute des pieds-droits et de débris de roc.

L'énorme projection obtenue avec ce fourneau provient de ce que les poudres avaient été placées au fond d'un puits qui rendit l'enlèvement des terres beaucoup plus faciles. L'entonnoir avait d'ailleurs un rayon moins grand que celui $3 \times 2^m,70 = 7^m,1$ sur lequel on avait compté, et cela devait être, puisque d'un fourneau d'épreuve on devait conclure le coefficient de la terre $K = 1^m,38$ au lieu de $1^m,25$ qu'on avait adopté.

39. Note sur le résultat des expériences faites comparativement avec le pyroxyle, la poudre de guerre et la poudre de mine, dans les mines militaires et le tirage des pierres. (*Extrait des Comptes rendus à la Commission du pyroxyle.*)

Dans le printemps de 1847, la commission du pyroxyle, présidée par M. le duc de Montpen-

sier, a fait faire, au polygone de Vincennes, deux séries d'expériences sur les mines militaires, en employant le pyroxyle, la poudre de mine et celle de guerre sous la direction du commandant Le Blanc.

Un peu après, elle a fait faire une série d'expériences sur le tirage des pierres, en employant les mêmes matières, sous la direction de M. Combes. M. Pelouze a analysé le pyroxyle. Ces expériences ont conduit aux résultats suivants.

Densité du pyroxyle.

40. Le pyroxyle mis en tonneau et pressé à la main à une densité qui n'est que le 1/10 de celle de la poudre, c'est-à-dire 0,084 environ. Dans des cartouches on lui donne facilement une densité double 0,17. En le comprimant dans les tonneaux, au moyen d'une presse, on lui donne une densité quadruple 0,34. Si l'on pousse plus loin la compression, on casse les tonneaux. Avec la densité 0,34, il se comporte de la même manière que le pyroxyle comprimé à la main.

Composition du pyroxyle, de la poudre, de leurs éléments et des produits de leur détonation.

Pour discuter facilement les propriétés des poudres et du pyroxyle, nous réunissons, dans deux tableaux ci-après, leurs poids atomiques, celui de

leurs composants et des produits de leur détonation. § 51 et 52.

Valeur comparative du pyroxyle, de la poudre de guerre et de la poudre de mine.

Soit c la charge en poudre de guerre d'une mine de guerre, C^{py} la charge en pyroxyle correspondante, on a trouvé qu'avec $C^{py} = 0,43\ c$ les effets d'ouverture de l'entonnoir, de rupture latérale étaient les mêmes; mais qu'avec le pyroxyle les terres étaient moins fortement lancées et retombaient en plus grande quantité dans l'entonnoir. Pour rendre l'évidement pareil, il fallait aller jusqu'à $C^{py} = 0,60\ c$.

On a expliqué cette espèce d'anomalie, en remarquant que la vapeur d'eau qui entre pour 34/92 dans les produits de la déflagration du pyroxyle a, à l'origine, une tension plus forte que les gaz permanents, et que lorsqu'elle se mêle aux terres divisées elle doit se condenser presque entièrement et agir de moins en moins; qu'au contraire les produits de la déflagration de la poudre sont, à l'exception du sulfure de postassium et d'un peu de vapeur d'eau accidentellement, des gaz permanents qui ne sont pas susceptibles de se condenser.

La même anomalie ne se remarque pas dans les armes, parce qu'il y a moins de surface en contact avec les gaz et que l'action est plus instantanée.

Pyroxyle dans les petites armes.

Dans les petites armes, le coefficient du pyroxyle par rapport à la poudre de guerre est environ 0,35. Dans le tirage des pierres calcaires de Paris, ce coefficient a été trouvé égal à 0,33, par rapport à la poudre de guerre, 0,25, par rapport à la poudre de mine.

Supériorité de la poudre de guerre sur la poudre de mine.

43. Pour un même poids, la poudre de guerre s'est montrée également supérieure à la poudre de mine dans le rapport de 0,33 à 0,25. On s'est rendu compte de la différence entre la poudre de guerre et la poudre de mine, en remarquant que celle-ci, qui est moins dosée en salpêtre, donne autant d'oxyde de carbone que d'acide carbonique, et que la poudre de guerre ne donne que de l'acide carbonique. L'oxyde de carbone et l'acide carbonique ayant le même volume pour la même quantité de carbone, la chaleur dégagée par la formation de l'acide carbonique doit être plus considérable, et la force élastique des produits gazeux également supérieure.

Si on était dans le cas d'employer de la poudre de mine, on ferait bien d'y ajouter un simple mélange de nitrate de potasse ou de soude, conformément aux indications du tableau, § 51, comme l'a indiqué M. Combes.

Combustions nouvelles des gaz du pyroxyle après une explosion.

44. Dans les produits de la déflagration du pyroxyle, l'oxyde de carbone entrant pour les 2/3, il doit pouvoir se rallumer de nouveau après une explosion.

Quand M. Combes a fait cet essai dans une carrière, après l'explosion des pétards, il s'est présenté deux cas : si le gaz sortait par une petite fente, il obtenait un gaz allumé ; s'il sortait par une large ouverture, l'air qui rentrait alors dans les fentes formait avec l'oxyde de carbone un mélange détonant, et on avait une seconde explosion avec un bruit assez fort, mais sans danger pour celui qui mettait le feu.

On explique, par ce phénomène d'une seconde inflammation de l'oxyde de carbone, les apparences de flamme ou de combustion du pyroxyle à l'air, que le président de la commission a fait remarquer dans les expériences de Vincennes. Cette seconde inflammation, qui a lieu dans le tir des petites armes, explique encore pourquoi on n'a pas été incommodé quand on a fait les expériences de tir dans une chambre fermée.

Amélioration du pyroxyle.

M. Combes a conclu qu'on devait chercher à faire confondre cette deuxième détonation avec

la première, en ajoutant au pyroxyle une matière qui pût fournir de l'oxygène.

L'expérience a confirmé ces prévisions; l'addition à un kilogramme de pyroxyle de 830 grammes de chlorate de potasse, ou 818 grammes de nitrate de potasse, ou 690 grammes de nitrate de soude (§ 51), a donné des effets sensiblement égaux à ceux d'un poids égal de pyroxyle pur. On obtient par là, en même temps, diminution du volume de la charge et du prix.

En plongeant le pyroxyle dans une dissolution à chaud de nitrate, on n'obtient pas de bons résultats; le sel couvre trop le pyroxyle et la communication du feu n'a plus lieu; mais cette expérience, reprise avec des dissolutions à froid, semble en donner de meilleurs.

Asphyxie par le pyroxyle, la poudre de mine et la poudre de guerre.

Dans les recherches sur la composition de l'air confiné, par M. Félix Le Blanc (*Annales de Chimie et de Physique*, tome 5, 3e série, page 245), on voit que la vie d'un chien peut se prolonger quelque temps dans 70 d'air et 30 d'acide carbonique; que dans une atmosphère contenant 94 d'air et 6 d'acide carbonique, la flamme d'une bougie s'éteint, les hommes éprouvent un malaise profond, mais ne courent pas encore danger d'asphyxie; qu'un air vicié par la combustion du charbon, et contenant :

49, 19 d'oxygène,
75, 62 d'azote,
4, 61 d'acide carbonique,
0, 54 d'oxyde de carbone,
0, 94 d'hydrogène carboné,

dans lequel les chandelles brûlent bien, est mortel pour un chien et un oiseau. L'acide carbonique n'entre ici que pour 4,6 p. 0/0 ; l'hydrogène carboné n'est pas un poison, il n'y a que l'oxyde de carbone qui le soit, et on voit quelle petite quantité il en faut pour déterminer l'asphyxie.

Moyen de corriger les propriétés asphyxiantes de la poudre de mine et du pyroxyle.

47. D'après le tableau présenté ci-dessous, les gaz produits par la poudre de mine et le pyroxyle, contenant une grande quantité d'oxyde de carbone, doivent être considérés comme produisant l'asphyxie par empoisonnement; et, sous ce rapport, l'addition à cette poudre et au pyroxyle de nitrates destinés à transformer l'oxyde de carbone en acide carbonique, devrait être recommandée, même quand elle n'augmenterait pas les effets de l'explosion.

Asphyxie par les gaz de la poudre après leur séjour dans la terre.

48. Quand on tire dans une casemate, on peut être plongé dans une atmosphère très épaisse de fumée, éprouver de la gêne dans la respiration, tous-

ser, voir la fumée de la poudre se précipiter sur les habits et sur les cheveux, et cependant ne pas encore courir risque d'asphyxie. Quand on remue la terre qui a été divisée par l'explosion d'un fourneau chargé en poudre de guerre, dans des cas où les gaz qui s'échappent dans la galerie ne suffisent pas pour éteindre les chandelles, il arrive souvent que le mineur, qui travaille immédiatement à la terre près du fourneau, tombe subitement asphyxié et sans qu'il ait éprouvé de malaise au préalable. Voici comment il paraît qu'on peut se rendre compte de cette anomalie apparente.

A l'air, le sulfure de potassium qui est noir passe à l'état de sulfate de potasse qui est blanc; mais quand l'acide carbonique et le sulfure de potassium sont renfermés dans une poche de terre humide et contenant peu ou point d'air, ils réagissent l'un sur l'autre au moyen de l'eau, et se transforment en hydrogène sulfuré et en carbonate de potasse : le mineur qui rompt la poche est donc soumis immédiatement à l'hydrogène sulfuré qui est un poison à la dose 1/800, et on conçoit qu'il succombe, tandis que celui qui est derrière lui éprouve peu d'incommodité parce que le gaz délétère est beaucoup plus étendu quand il arrive à lui.

Préservatif.

49. On conçoit aussi que les ventilateurs soient alors d'un grand secours; mais on doit penser que,

si on n'avait pas de véritable ventilateur, il suffirait peut-être de remuer l'air avec un éventail, à côté du mineur.

On tendrait aussi à neutraliser les effets de l'hydrogène sulfuré, soit par un dégagement de chlore ou d'ammoniaque, soit par le masque en éponge chargé d'eau de chaux de Gosse.

Action de la pile de Bunzen sur le pyroxyle.

50. On a essayé l'action de la pile de Bunzen sur le pyroxyle; un seul élément a toujours mis le feu à petite distance; il faut une batterie de 2 éléments à 50 ou 60 mètres. Mais il faut avoir grand soin de mettre le coton en contact immédiat avec le fil métallique en le tordant autour de ce fil, sans cela on a souvent des ratés.

Quand on a fait détoner 8 ou 10 fois du pyroxyle à l'extrémité d'un conducteur en cuivre, il se couvre d'une espèce de vernis qui détruit la conductibilité et on a des ratés jusqu'à ce qu'on ait gratté le conducteur pour enlever cet enduit.

54. TABLEAU de la composition des poudres et du pyroxyle, et des produits de leur détonation.

POUDRES.						PRODUITS DE LA DÉTONATION.				
DÉSIGNATION de la poudre.	DÉSIGNATION des atomes composants.	FORMULES atomiques.	Poids atomiques.	Poids en centièmes déduits de la théorie.	Poids en centièmes adoptés dans la pratique.	DÉSIGNATION des produits.	FORMULES atomiques.	Poids atomiques.	Poids en centièmes déduits.	Volumes relatifs des gaz.
Poudre de guerre.	1 de nitre. . . .	AZO^5KO	1264	75	75	Azote.	AZ	175	10,36	2
	1 de soufre. . .	S	200	11,85	12,5	Sulfure de potassium. .	SK	689	40,74	(a)
	3 de charbon. . .	3 C	225	13,15	12,5	Acide carbonique. . .	$3\ CO^2$	825	48,90	6
			1689	100	100			1689	100	
Poudre de mine.	1 de nitre. . . .	AZO^5KO	1264	64,40	62	Azote.	AZ	175	8,9	2
	2 de soufre. . .	2 S	400	20,35	20	Bisulfure de potassium.	S^2K	889	45,2	(a)
	4 de charbon. . .	4 C	300	15,25	18	Acide carbonique. . .	$2\ CO^2$	550	28,1	4
						Oxyde de carbone. . .	2 CO	350	17,8	4
			1964	100	100			1964	100	
Pyroxyle.	2 de coton. . . .	$2(C^{12}H^{10}O^{10})$	4050,0	57,2	»	23 oxyde de carbone. .	$C^{23}O^{23}$	4025	56,7	46
	5 acide nitrique monohydraté. . .	$5(AZO^5HO)$	3937,5	55,5	»	1 acide carbonique. .	CO^2	275	3,78	2
			7987,5	112,7		5 azote.	5 AZ	875	12,72	10
	Moins 8 eau. . .	8 HO	900,0	12,70	»	17 vapeur d'eau. . .	17 HO	1912,5	26,8	34
	Reste. .	. . . . . .	7087,5	100				7087,5	100	
Poudre au nitrate de soude.	1 nitrate de soude (1).	AZO^5NO	1062	71,4	»	Azote.	AZ	175	11,75	2
	1 soufre. . . .	S	200	13,45	»	Sulfure de sodium. .	SN	487	32,80	(a)
	3 charbon. . . .	3 C	225	15,15	»	Acide carbonique. . .	3 CO	825	55,45	6
			1487	100				1487	100	

Complément de la poudre de mine.	Poudre de mine. .	$AZO^5KO+2S+4C$	1964	100	»	Azote.	8/6 AZ	233	11,9	16/6
	Nitrate de potasse.	2/6 AZO^5KO	422	21,5	»	Sulfure de potassium. .	4/6 SK	460	23,4	(a)
			2386	121,5		Bisulfure de potassium.	4/6 S^2K	593	30,2	(a)
						Acide carbonique. . .	4 CO^2	1100	56,0	6
								2386	121,5	
Idem	Poudre de mine. .	$AZO^5KO+2S+4C$	1964	100	»					
	Nitrate de soude. .	2/6 AZO^5NO	354	18,5	»	»				
			2318	118,5						
Complément du pyroxyle en nitrate de potasse.	Pyroxyle. . . .	$C^{24}H^{17}O^{17}$ 5 AZO^5	7087,5	100	»	4,60 carbonate de potasse.	4,6 CO^2KO	3974,6	55,7	»
						19,40 acide carbonique,	19,4 CO^2	5335,0	75,6	38,8
						9,60 azote.	9,6 AZ	1680,0	23,75	19,2
	Nitrate de potasse.	4,60 (AZO^5KO)	5814,4	82	»	17 vapeur d'eau. . .	17 HO	1912,3	26,95	34,0
			12901,9	182				12901,9	182,0	92,0
Idem en nitrate de soude.	Pyroxyle. . . .	$C^{24}H^{17}O^{17}$	7087,5	100	»	4,60 carbonate de soude.	4,6 CO^2NO	3045,2	42,9	»
	Nitrate de soude. .	4,60 AZO^5NO	4885,2	68,7	»	19.40 acide carbonique.	19,4 CO^2	5335,0	75,2	38,8
			11972,7	168,7		9,60 azote.	9,6 AZ	1680,0	23,7	19,2
						17 vapeur d'eau. . .	17 HO	1912,3	26,9	34,0
								11972,5	168,7	92,0

(1) Des expériences faites avec soin sur des nitrates purs ont montré que le nitrate de soude était plus hygrométrique que le nitrate de potasse. 10 grammes de celui-ci, placés pendant 48 heures à la cave, n'avaient pas augmenté de poids, tandis que 10 grammes de nitrate de soude pesaient au bout de ce temps 10 gr. 56. C'est donc avec raison qu'on préfère le nitrate de potasse dans la fabrication de la poudre; mais ce n'est pas une raison pour ne pas employer le nitrate de soude en addition à la poudre de mine pour compléter son dosage.

(a) Les volumes des sulfures n'ont pas été déterminés, ces corps se condensent entièrement.

52. **TABLEAU** de la composition atomique des corps qui entrent dans la fabrication des poudres et du pyroxyle.

NOMS.	Formules.	Poids de l'atome.	NOMS.	Formules.	Poids de l'atome.
Oxygène. . .	O	100			900
Azote. . . .	AZ	175	Coton. . . .	$C^{12}H^{10}O^{10}$	1125
Acide nitrique.	AZO^5	675			2025
Hydrogène. . .	H	12.5			
Eau.	HO	112.5	Potassium. . .	K	489
Acide nitrique monohydraté.	AZO^5HO	785	Sodium. . . .	N	287
			Potasse. . . .	KO	589
Carbone. . .	C	75	Soude. . . .	NO	387
Oxyde de carbone. . . .	CO	175	Nitrate de potasse. . . .	AZO^5KO	1264
Acide carbonique. . . .	CO^2	275	Nitrate de soude.	AZO^5NO	1062
			Soufre. . . .	S	200

Imprimerie de G. Gratiot, rue de la Monnaie, 11.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

ESSAI

SUR LE

MOUVEMENT DES PROJECTILES

DANS LES MILIEUX RÉSISTANTS,

PAR LE COMMANDANT THIROUX,

Professeur d'artillerie à Saint-Cyr.

AVERTISSEMENT.

L'étude approfondie de la balistique, exigeant habituellement des connaissances mathématiques assez étendues, que ne possèdent pas la plupart des officiers ; nous nous sommes proposé dans cet opuscule de réduire tellement les notions de calcul différentiel et intégral et de mécanique nécessaires pour comprendre notre méthode, qu'un lecteur put les acquérir en quelques heures. Ces notions seront l'objet d'un chapitre supplémentaire.

La théorie que nous allons exposer présente l'avantage de donner des formules complétement algébriques, au lieu des formules exponentielles qu'on obtient dans les diverses hypothèses admises jusqu'à présent. Quelques-unes de ces formules sont d'une grande simplicité. De plus, la nouvelle hypothèse coïncide assez bien avec les expériences anciennes et

modernes, et particulièrement avec celles qui ont été faites récemment à Vincennes sur le tir des armes à feu portatives, pour être adoptée par les calculateurs.

Ce qu'il y a de très-remarquable, c'est que notre hypothèse conduit à peu près aux mêmes résultats que celle de M. le commandant d'artillerie Didion, et que le système de tables imaginé par ce savant officier peut s'y adapter aisément. Nous renverrons donc provisoirement le lecteur aux tables de M. Didion et à son traité de balistique, qui résume ce qui a été fait de mieux sur cet objet.

CHAPITRE I.

DE LA RÉSISTANCE DES FLUIDES.

Supposons un mobile terminé par une surface plane s dirigée perpendiculairement à la ligne qu'il suit, en appelant R la résistance du fluide, supposée constante pendant un trajet infiniment petit dx; le travail de cette résistance sera Rdx.

Bien que la résistance du fluide soit variable à tout moment, on peut néanmoins assimiler son action à celle d'une force accélératrice constante pendant le trajet dx. Or, si l'on appelle γ la force accélératrice appropriée à l'effet de la résistance cherchée, on aura $R=m\gamma$, m étant la masse des particules choquées dans le trajet dx, de la même manière qu'on a $P=mg$, P étant le poids d'un corps et g l'action de la pesanteur.

Pareillement, en appelant v la vitesse avec laquelle le projectile choque les particules fluides, et qu'il communique à celles qui le touchent immédiatement, on aura $v^2 = 2\gamma\, dx$, d'où l'on tire $\gamma=\frac{v^2}{2dx}$; substituant dans l'équation $R=m\gamma$, il viendra $R=\frac{mv^2}{2dx}$ ou $Rdx=\frac{mv^2}{2}$. (A) Rdx est le travail de la

résistance de l'air, $\frac{mv^2}{2}$ est l'impulsion communiquée aux particules fluides qui ont dû acquérir précisément le mouvement qui a été perdu par le corps.

En appelant δ le poids d'un mètre cube du fluide sdx, δ sera le poids du prisme ou du cylindre choqué, et $\frac{s\delta dx}{g} = m$ sera sa masse; substituant dans l'équation (A), on obtient $R = \frac{s\delta v^2}{2g}$ (B).

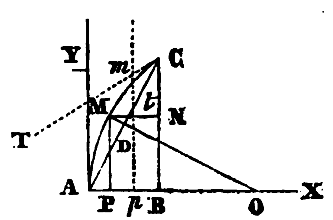
Il semblerait que la résistance de l'air dût croître dans un plus grand rapport que les surfaces des projectiles; les particules fluides éprouvant d'autant plus de difficulté à s'échapper, que la surface qui leur est opposée est plus large; mais les expériences de Hutton, faites en 1775 et ultérieurement; celles faites à Metz, en 1846, semblent prouver que la résistance de l'air est sensiblement proportionnelle à la surface, du moins pour les projectiles sphériques, les seuls qui aient été expérimentés à une grande échelle. Il est à présumer que cet effet est dû à des compensations difficiles à apprécier.

Il est évident que l'action des filets fluides est d'autant moins énergique, qu'ils frappent la surface du mobile plus obliquement. Si donc on appelle I la fonction par laquelle il faut multiplier s pour tenir compte de la forme de la surface, on aura :

$$R = \frac{Is\delta v^2}{2g}$$

Les anciens géomètres avaient admis que l'action de la résistance de l'air sur une surface oblique était égale à celle sur la projection de cette surface, sur un plan perpendiculaire à la direction du mouvement, multipliée par le carré du sinus de l'angle d'incidence des filets fluides. Cette loi ne s'écarte pas

extrêmement des résultats de l'expérience dans certaines limites, mais elle est tout à fait inexacte au delà.



Soit AC l'arc générateur de la surface antérieure du mobile, AB le rayon du cercle de sa base, *fig.* 1. L'équation du cercle générateur AC, supposé avoir son centre en O, est $y^2 = 2Rx - x^2$ en supposant $AO = R$, $AP = x$, $PM = y$. Soit $AB = r$, on aura $MN = r - x$ et la projection de la couronne infiniment petite, ayant Mm pour côté, sera $2\pi(r - x)\,dx$; or, le carré du sinus de l'angle d'incidence Mmt sera $\frac{dx^2}{ds^2}$, et on obtiendra $2\pi(r - x)\frac{dx^3}{ds^2}$ pour la différentielle de la quantité Is.

Mais on a : $ds^2 = dx^2 + dy^2$, qui, dans le cercle dont l'équation est $y^2 = 2Rx - x^2$, donne : $ds^2 = \frac{R^2dx^2}{2Rx - x^2}$, substituant, il vient : $\frac{2\pi}{R^2}(r - x)\ (2Rx - x^2)\,dx$; développant et intégrant on a $\frac{2\pi}{R^2}\left(Rrx^2 - \frac{rx^3}{3} - \frac{2Rx^3}{3} + \frac{x^4}{4}\right)$. La constante étant nulle.

La résistance sur la surface engendrée par l'arc AC est donnée par la supposition $x = r$, et on a alors $\frac{2\pi}{R^2}\left(\frac{1}{3}Rr^3 - \frac{1}{12}r^4\right) = \frac{2}{3}\pi r^2\left(\frac{r}{R} - \frac{1}{4}\frac{r^2}{R^2}\right)$.

Si la balle était sphérique, on aurait $r = R$, et la fonction

précédente se réduirait à $\frac{1}{2}\pi r^2$, c'est-à-dire à la moitié de la surface d'un grand cercle, comme l'ont admis Lombard d'Obeinheim et tous les anciens calculateurs.

Pour une balle ogivale dans laquelle on aurait $r = 8$ mil. 6, BC $= 20$ mil. 1, les deux triangles rectangles ADO et ACB sont semblables, comme ayant l'angle A commun; on aura donc AC : AO :: AB : $\frac{1}{2}$ AC, d'où l'on tire $AO = \frac{1}{2}\frac{AC^2}{AB} = \frac{\overline{20.1}^2 + \overline{8.6}^2}{17.2} = 27$ mil. 78, et $\frac{27.28}{8.6} = \frac{R}{r}$ ou $R = 3,23r$; substituant il vient : $\pi r^2 \left(\frac{1.9876}{10.433}\right) = 0.1904\pi r^2$; on a pour la sphère $\frac{1}{2}\pi r^2$ ou $0.5\pi r^2$. On voit donc que d'après l'ancienne théorie la résistance sur la balle ogivale serait à celle sur la balle sphérique :: 19 : 50 ou :: 1 : 2.631...

Dans la balle ogivale l'angle TCN est facile à calculer : on a: $tang. Mmt = \frac{dx}{dy} = \frac{y}{R-x}$ et $tang.$ $TCN = \frac{BC}{BO} = 1.0477$ répondant à 46° 21′ en nombre rond; l'angle au sommet de la balle est donc de 92° 42′, c'est-à-dire un peu plus ouvert qu'un droit.

D'après les expériences faites en Suède sur des boulets allongés, la résistance de l'air sur des boulets à pointe conique a été la même que sur des boulets à pointe ogivale. La pointe du cône était de 45°, celle de l'ogive de 90°, c'est-à-dire qu'on avait $R = 2r + r\sqrt{2} = 3.414r$; or, l'angle d'incidence moyen sur la pointe ogivale était de $\frac{0 + 45°}{2} = 22°1/2$, l'angle d'incidence sur le cône était aussi de 22° 1/2. Il semblerait donc résulter de ces expériences que : quand l'angle d'incidence moyen est le même pour un cône et pour une surface annulaire, la résistance est la même pour les deux surfaces.

Un fait assez remarquable de l'ancienne théorie de la résistance de l'air, c'est que pour la sphère, la résistance était la même que pour le cône droit dont l'angle au sommet était de 90°, ce qui tenait à ce que les angles moyens d'incidence étaient les mêmes; on avait en effet pour la sphère $\frac{0 + 90°}{2} = 45°$ et pour le cône 45°, et comme $\sin^2 45 = \frac{1}{2} \ldots \frac{1}{2} \pi r^2$ dans les deux cas.

Quelques auteurs pensent que la résistance sur la balle ogivale est peu différente de celle sur la balle sphérique; telle n'est pas notre opinion. Sans doute, le résultat de 19 à 50 est exagéré, mais il est évident que la résistance de l'air est diminuée par l'allongement de la pointe. C'est un fait expérimental qui nous paraît hors de doute.

Dans les expériences dont nous venons de parler, et qui ont été faites à Aker en Suède vers la fin de 1845, sur des canons de 30 rayés; on a tiré, entre autres, 4 obus à pointe ogivale de 90° et à culot hémisphérique, deux la pointe en avant et deux la pointe en arrière. Les deux obus qui avaient la pointe en avant ont été plus loin que les deux autres. Ces expériences démontrent donc, d'une manière évidente, que la résistance sur la pointe ogivale est moindre que celle sur un hémisphère.

D'après les expériences de Hutton, sur les surfaces coniques, si l'on appelle i l'angle d'incidence du fluide sur la génératrice du cône, L un coefficient constant à déterminer par l'expérience; on aura $(\sin i)^{L \cos i} = I$. I étant la fonction par laquelle il faut multiplier la projection de la surface antérieure du mobile sur un plan perpendiculaire à la direction du mouvement.

Or, si nous admettons que pour $i = 25° 42'$ on ait eu $I = 0.443$, ce qui est très-rapproché des résultats obtenus par

Hutton, on trouve $L = 1.1126$, et la formule dont il s'agit ici devient :

$$I = (sin.\ i)^{1.1126\, cos.\, i}$$

Pour $i = 22° 1/2$, angle d'incidence moyen des boulets ogivaux, on a $I = (0.3827)^{1.028} = 0.3725...$

D'après Hutton la résistance de l'air sur un hémisphère est 0.417, la résistance sur la sphère serait à celle sur les boulets ogivaux : : 417 : 372.5. Mais ces expériences ont été faites avec des vitesses très-petites, et il ne nous paraît pas démontré que la valeur 0.427 soit plus exacte que celle 0.5 admise par Bezout, Lombard et presque tous les calculateurs. D'ailleurs Hutton admet lui-même, dans ses nouvelles expériences d'artillerie, $I = \frac{1}{2}$; le rapport en question sera donc : : 500 : 372.5.

Soit $sin\ i = 0.2$ répondant à un angle au sommet de 23° 6′ environ, on aura $I = (0.2)^{1.1126 \times 0.979} = 0.2^{1.089} = 0.1733$, au lieu de 0.2 que donne la résistance proportionnelle au simple sinus, et de 0.04 qu'on déduit de la proportionnalité au carré du sinus, quantité beaucoup trop faible.

Pour un fer de flèche dans lequel on aurait $sin\ i = 0.1$, répondant à un angle au sommet de 11° 30′ environ, il viendrait :

$$I = (0.1)^{1.1126 \times 0.995} = (0.1)^{1.107} = 0.0775,$$

à peu près le $\frac{1}{13}$ de la résistance sur la surface d'un grand cercle.

On voit par cette formule, que l'allongement de la pointe du mobile semble diminuer la résistance de l'air d'une manière notable, bien que cette diminution soit beaucoup plus faible que ne le supposait la résistance proportionnelle au carré du sinus de l'angle d'incidence.

Examinons maintenant si la formule concorde avec les cas

extrêmes. Pour $i = 90°$ on trouve $I = 1$, ce qui doit être; pour $i = 0, I = 0$.

Pour $i = 45°$ on a : $I = (\sin 45°)^{1.1126 \cos. 45°} = (0.7071)^{1.1126 \times 0.7071} = (0.7071)^{0.7867} = 0.7611$.

Pour les surfaces courbes, la moyenne des valeurs de I pour les inclinaisons extrêmes, du moins pour des courbes circulaires, donne des résultats fort approchés de l'expérience : on a dans ce cas $I = \frac{(\sin. i)^{1.1126 \cos. i} + (\sin. i')^{1.1126 \cos. i'}}{2}$; dans le cercle on a $i = 0$, $i' = 90°$, et partant $I = 0.5$ valeur conforme à celle admise en général, et qui nous paraît vraie pour les grandes vitesses. Pour les boulets ogivaux on a $i = 0$, $i = 45°$, $I = \frac{0.7611}{2} = 0.3805$ au lieu de 0.3725 que donne la formule de Hutton. Il est clair qu'une différence de 0.008 dans la valeur de I, pour les boulets coniques et les boulets ogivaux, devait être sans influence appréciable sur les portées obtenues, ainsi que l'a démontré le tir comparatif des obus ogivaux et coniques, mentionné ci-dessus.

Cherchons maintenant la valeur de I qui résulte des expériences d'Aker.

A la charge de 4 kil. la portée de l'obus qui avait la pointe en-avant a été de 3381 m., tandis que celui qui offrait son hémisphère à l'action de la résistance de l'air n'a été qu'à 2,995 m. A la charge de 6 kil. le projectile qui avait la pointe en avant a été à 4037 m., tandis que celui dont l'hémisphère était en avant n'a porté qu'à 3,789 m. L'angle de tir de ces quatre projectiles était de 13°, leur diamètre moyen de 163 mil. environ, leur poids moyen de 31 kil. 300.

Or, la valeur moyenne du rapport de I, dans le cas de la sphère et de l'ogive, est de 0.761 d'après les valeurs obtenues à l'aide de la formule modifiée :

$$I = \frac{(\sin.i)^{1.1126 \cos. i} + (\sin. i')^{1.1126 \cos. i'}}{2}$$

en prenant la résistance sur la sphère pour unité.

La valeur moyenne déduite des quatre expériences ci-dessus est 0.7658... qui ne diffère de la précédente que de 0.0048.

On peut donc admettre que la résistance sur le boulet ogival est les 0.765 de celle sur le boulet sphérique de même diamètre ou les 0.3875 de celle sur un grand cercle. Comme la balle ogivale présente à peu près les mêmes angles d'incidence que les boulets dont nous venons de parler, on peut admettre que la résistance éprouvée par sa partie antérieure n'est que les 0.765 de celle éprouvée par la balle sphérique de même diamètre.

Quant à l'effet direct de la résistance de l'air sur les cannelures de la balle, il paraît assez minime, les balles qui sont pourvues de cannelures conservant à peu près les mêmes vitesses finales que celles qui n'en ont pas. Cependant cet effet, tout faible qu'il est, paraît fort utile pour régulariser le mouvement du projectile.

Si l'on admet que la résistance éprouvée par la balle allongée soit la même que pour la balle sphérique, la résistance due à l'action des cannelures serait de 1 — 0.765 = 0.235.

A mesure que le projectile s'allonge et devient d'un plus fort calibre, la masse à diriger croît comme le cube des dimensions homologues, tandis que la surface, sur laquelle la résistance de l'air exerce son action, ne croît que comme le carré des mêmes dimensions. L'action directrice des cannelures devient donc d'autant moins énergique que le mobile est d'un plus fort calibre : on est donc conduit à augmenter la surface des cannelures dans la proportion du calibre des boulets à diriger.

D'un autre côté on conçoit que les filets d'air comprimé qui glissent le long de la surface latérale du projectile pouvant se dilater librement et éprouvant à distance, une sorte de succion produite par la raréfaction du fluide à la partie postérieure du mobile, perdent leur tension très-rapidement ils doivent être d'ailleurs arrêtés en partie par l'afflux de l'air qui se précipite dans l'espace où le fluide est raréfié. D'après quelques expériences sur les balles allongées, l'action de l'air sur les cannelures serait au moins en raison inverse du cube de la distance à la base de l'ogive ou du cône que forme la pointe du projectile. De là, la nécessité de donner aux cannelures une largeur de plus en plus grande, à mesure qu'elles sont plus éloignées. Et, comme cet effet tient à la constitution du milieu, plutôt qu'à la longueur du projectile, il en résulte qu'il y a telle espèce de projectile pour laquelle l'action directrice des cannelures devient tout à fait impossible, à cause des dimensions excessives qu'il faudrait leur donner pour en rendre l'action efficace. C'est ce qui résulte des expériences faites en Suède sur cet objet.

Il est à présumer que la tension de l'air comprimé décroît dans une progression très-rapide donnée par une formule de la forme $t = Ab^{cx}$, x étant la distance, et A, b, c, des coefficients à déterminer par l'expérience.

Besout, Lombard d'Obeinheim et la plupart des calculateurs, auxquels il faut joindre Hutton, ont admis $I = \frac{1}{2}$ et partant $Is = \frac{1}{2}\pi r^2$ pour les projectiles sphériques.

Indépendamment de la valeur de Is il y a lieu d'introduire un coefficient constant qui, d'après Newton et Besout et d'autres calculateurs, serait ici égal à l'unité ; car d'après Newton la résistance de l'air est mesurée par le poids d'une colonne fluide, ayant pour base la surface s et pour hauteur celle due à la vitesse actuelle du mobile. Or, si h est cette hauteur, on aura

$v^2 = 2g\,h$ et l'équation (A) $R = \frac{1s\delta v^2}{2g} = 1s\delta h$.

Lombard et d'Obenheim ont donné au coefficient constant une valeur un peu plus grande ; ce coefficient est à celui de Besout : : 6 : 5 ou : : 1 . 2 : 1... en sorte qu'on a $R = 1,21s\delta h$.

Pour les projectiles sphériques on a donc, d'après Besout, $R = \frac{0.25\pi r^2 \delta v^2}{g}$ et d'après Lombard $R = \frac{0.3\pi r^2 \delta v^2}{g}$.

Robins est le premier qui ait démontré que la résistance de l'air croissait dans un rapport plus grand que la vitesse. Hutton, qui vint ensuite, chercha les lois de cet accroissement. D'après cet auteur, la résistance de l'air a pour expression $R = 0.25 \frac{\mu\pi r^2 v^2 \delta}{g}$, μ étant un coefficient qui varie avec la vitesse et va en croissant jusqu'à la valeur de 2.08 répondant à la vitesse de 487^m, et diminue ensuite de manière à se réduire à 2 pour la vitesse de 610^m. Nous donnerons tout à l'heure la table des valeurs de ces coefficients, calculés par M. Terquem.

M. le général d'artillerie Duchemin a représenté cette suite de coefficients par la relation $1 + \frac{v}{416}$ qui donne des résultats assez exacts jusqu'à 416^m ; passé cette limite, il suppose μ constant et égal à 2, en sorte que la variation de μ est représentée par une ligne brisée.

Malgré la coïncidence de la loi adoptée par M. Duchemin avec celle observée par Hutton, l'impossibilité de faire entrer dans les calculs la ligne brisée dont on vient de parler, a obligé les divers auteurs de balistique à modifier la loi de M. Duchemin. C'est ainsi que le commandant Didion a définitivement représenté la loi des variations de μ par l'équation de la ligne droite :

$$\mu = 1 + \frac{v}{434.77} \text{ ou } = 1 + 0.0023v\ldots$$

L'introduction du coefficient μ s'explique très-aisément.

Dans les fluides élastiques, les molécules gazeuses sont comprimées, à la partie antérieure des mobiles qui les traversent avec une grande vitesse, et raréfiées à leur partie postérieure. Cette condensation et cette raréfaction, qui sont d'autant plus grandes que la vitesse est plus considérable, agissent d'une manière très-énergique pour diminuer la vitesse du projectile.

De ce que l'air est comprimé à la partie antérieure du mobile, il en résulte qu'il en entraîne une certaine quantité avec lui, ce qui doit encore contribuer à diminuer la vitesse.

Toutefois, les molécules fluides qui se précipitent en arrière produisent un remous, qui doit compenser cette cause de ralentissement.

La cohérence des molécules fluides entre elles, leur adhérence à la surface des mobiles, jouent peut-être aussi un certain rôle qui n'a point été apprécié jusqu'à présent pour le mouvement dans l'air, mais qui est très-énergique dans les liquides.

L'espèce de proue que forme l'air comprimé en avant du mobile, expliquerait assez bien la diminution du coefficient μ pour des vitesses au delà de 487m : cette proue augmentant de longueur, à mesure que la vitesse augmente, les filets fluides sont alors déviés de plus loin, et leur action sur le mobile est moins directe.

On pourrait encore conclure de là que passé certaines vitesses, pour des surfaces données, l'influence de la forme de la partie antérieure du mobile se fait de moins en moins sentir. S'il en était ainsi, il y aurait pour les projectiles allongés, doués d'une certaine vitesse, une limite d'acuité, passé laquelle l'allongement de la pointe n'aurait plus d'influence. Cependant il

arriverait toujours un moment, où la vitesse du mobile serait assez réduite, pour que la diminution de l'angle d'incidence de la résistance de l'air, procurât des avantages sensibles. C'est une question qu'il est nécessaire d'étudier.

La colonne fluide qui représente par sa tension la résistance que le mobile éprouve, est relativement d'autant plus allongée que le mobile est d'un plus petit diamètre. La stabilité de la colonne en question est évidemment en fonction de la densité du mobile.

Cette colonne, qui se renouvelle à tout moment, doit éprouver un mouvement oscillatoire régulier à la manière des ondes. Or, ces oscillations ayant pour objet de développer une force centrifuge, la résistance du milieu pourra en être augmentée. C'est sans doute à cause de ces oscillations que les trajectoires des mobiles légers sont si variables dans leur forme; on conçoit, en effet, que la combinaison de ce mouvement d'oscillation avec celui de translation doit donner lieu aux phénomènes les plus variés (1).

La force centrifuge développée exercera une action d'autant moindre que le mobile sera d'un plus fort calibre. Il peut se faire que l'augmentation de résistance due à cette cause. compense les avantages que devrait procurer une petite surface, dans les projectiles d'un faible diamètre.

Il résulte de là que la valeur de δ ne saurait être considérée comme constante et que les variations qu'elle subit doivent être exprimées en fonction de la vitesse. D'après M. Duchemin et M. Didion, on a pour la densité $\delta(1 + 6v)$, mais nous pensons que le décroissement doit être plus rapide, et nous poserons au lieu de $\delta(1+6v)$; $\delta v^{\frac{1}{2}}$, moyenne géométrique entre δ et δv multipliée par le coefficient φ.

(1) Lorsqu'on suit le tir du canon par un temps de pluie fine et abondante, les oscillations dont nous parlons deviennent très-visibles.

D'après cela l'expression générale de la résistance de l'air deviendra : $R = \frac{\varphi I s \delta v^{\frac{5}{2}}}{2g}$, et si les projectiles sont à base circulaire $s = \pi r^2$ et partant $R = \frac{\varphi I \pi r^2 \delta v^{\frac{5}{2}}}{2g}$.

Nous allons donner ci-joint le tableau des valeurs de μ et des quantités correspondantes trouvées par M. le général Duchemin, le commandant Didion et par la formule $\varphi \sqrt{v}$.

La valeur $\mu = \varphi \sqrt{v}$ donne $\mu^2 = \varphi^2 v$ qui est l'équation d'une parabole. Ici la valeur de μ croît avec la vitesse, mais dans un rapport plus faible que dans la formule de M. Didion.

VITESSES en mètres.	HUTTON.	DUCHEMIN.	DIDION.	$\varphi \sqrt{v}$.
31	1.36	1.07	1.07	0.54
61	1.39	1.15	1.14	0.75
91	1.42	1.22	1.21	0.92
122	1.44	1.29	1.28	1.06
152	1.46	1.37	1.35	1.19
183	1.50	1.44	1.42	1.30
213	1.55	1.51	1.49	1.41
244	1.62	1.59	1.56	1.50
274	1.69	1.66	1.63	1.60
305	1.77	1.73	1.70	1.68
335	1.84	1.81	1.77	1.76
366	1.91	1.88	1.84	1.84
396	1.98	1.95	1.91	1.92
427	2.03	2.00	1.98	1.99
457	2.06	2.00	2.05	2.06
487	2.08	2.00	2.12	2.13
518	2.07	2.00	2.19	2.19
549	2.06	2.00	2.26	2.26
579	2.03	2.00	2.33	2.32
610	2.00	2.00	2.40	2.38

La formule de M. Didion ayant été vérifiée pour les grandes

vitesses, nous remarquerons que l'expression $\varphi\sqrt{v}$ donnant des résultats presque identiques avec ceux de la formule $1+0.0023v$ peut être considérée comme justifiée par l'expérience depuis 274^m jusqu'à 610^m.

Tous ceux qui ont appliqué la planchette de M. d'Obeinheim ont remarqué qu'elle donnait des résultats parfaitement exacts pour des vitesses de 150 à 160^m. Il en est de même des tables de Lombard, et dans ce cas on a $1.19 \times \frac{0.25 r^2 \delta v^2}{g}$ $= 0.2975$, ou plutôt $0.3 \frac{\pi v^2 \delta v^2}{g}$ qui est l'expression de la résistance de l'air, d'après Lombard et d'Obeinheim.

La formule $\varphi\sqrt{v}$ peut donc être considérée comme étant vérifiée pour toutes les vitesses jusqu'à 150^m. D'un autre côté, pour les mouvements plus lents, la vitesse de 106 par exemple, on aura $\varphi\sqrt{v} = 1$ et $\frac{0.25\pi v^2 \delta v^2}{g}$, valeur de la résistance de l'air, qui est celle adoptée par Besout.

Nous comparerons plus tard les résultats de notre hypothèse avec ceux donnés par l'expérience pour les mouvements les plus lents en usage dans le service de l'artillerie. On conçoit facilement que la fonction $\varphi\sqrt{v}$, décroissant très-rapidement, doit donner des résultats trop faibles pour les petites vitesses; mais il est à remarquer que cet inconvénient est à peu près nul, quant aux applications, ainsi qu'on pourra s'en convaincre. Le décroissement de la résistance de l'air est beaucoup plus rapide pour les faibles vitesses que ne le suppose Hutton. Ce fait, observé par Lombard et d'Obeinheim, leur avait fait penser que pour les faibles vitesses la résistance de l'air était proportionnelle à la simple vitesse. L'exagération d'effet dont nous parlons se manifeste principalement dans le tir ordinaire des bombes pour lesquelles la résistance de l'air est beaucoup plus

petite que ne le supposent les formules de l'auteur anglais.

C'est à l'application trop exclusive des coefficients de Hutton qu'on a vu se répandre dans le public militaire cette opinion que les balles de fusil n'étaient plus meurtrières à 600^m, opinion que des expériences spéciales, faites en France avec beaucoup de soin, ont prouvé être tout à fait erronée.

Besout et Lombard ont admis que la pesanteur spécifique moyenne de l'air était 850 fois plus petite que celle de l'eau. On a donc dans ce cas $\delta = \frac{1000^k}{850} = 1^k.1764$, ou d'après les données anciennes $\delta = 1.1759$. On ne tient pas compte ici de la pression atmosphérique, qui est censée marquée par la hauteur moyenne du baromètre. Suivant Hutton, la pesanteur spécifique moyenne de l'air est de 0.012 ; conséquemment le poids d'un mètre cube d'air serait $\delta = 1^k.200$.

D'après les expériences de Metz, le poids d'un mètre cube d'air est de $1^k.208$ pour une température moyenne de 15°, une atmosphère à moitié saturée de vapeur d'eau, et une hauteur barométrique de 75 cent.

Le poids de l'air est évidemment proportionnel à la pression, ainsi on a pour une hauteur barométrique de 76°. $\delta = \frac{76}{75} \times 1^k.208$.

L'élévation de température amène une diminution dans le poids du mètre cube d'air, le refroidissement produit un effet contraire. Ainsi on sait que chaque augmentation de 1° centigrade produit une augmentation de 0.00375 dans le volume. Si la température était à 0°, le volume serait réduit de $0.00375 \times 15 = 0.05625$, et le mètre cube d'air serait ramené à $1 - 0.05625 = 0,94375$; on aurait alors pour le poids du mètre cube entier $0,94375 : 1 :: 1^k.208 : x = \frac{1.208}{0.94375} =$

$1^k.28$. Si la pression était de 76 cent. on aurait $\delta = 1.28 \times \frac{76}{75} = 1.297$. On sait que le poids du mètre cube d'air sec à la température de 0° et à la pression de 0.76 c. a été trouvé de 1.299 k. ou $\frac{1}{770}$ de l'eau distillée.

La vapeur d'eau étant moins lourde que l'air, on conçoit que plus il en contiendra, plus il sera léger, et réciproquement, la tension accusée par le baromètre comprenant celle exercée par l'air et par la vapeur d'eau.

On sait que le poids de la vapeur d'eau est à peu près les $\frac{5}{8}$ de celui de l'air, et que la quantité de vapeur que contient un mètre cube d'air saturé est la même que dans le vide et dépend de la température. Ainsi à 0° la tension de la vapeur n'est que de 5 mil. 059, à 15° elle est de 12 mil. 83, à 30° elle est de 30 mil. 643, à 100° elle est de 760 mil. La tension de la vapeur d'un mètre cube d'air qui en est saturé est donc de 12.83 mil. à la température de 15°.

En partant du poids normal du mètre cube d'air sec à 0° et sous la pression de 76°, on aura pour une température de 15° et un air à moitié saturé 6 mil. 41 pour la pression exercée par la vapeur d'eau et 753 mil. 59 pour celle de l'air; d'un autre côté le mètre cube d'air étant dilaté deviendra $1 + 15 \times 0.0035 = 1.05625$, et le mètre cube pèsera :

$$\frac{1.299}{1.05625} \times \frac{753^{mil.}59 + \frac{5}{8}6.41}{760} = 1^k.225.$$

Pour la pression de $750^{mil.}$ on aura : $1.225 \times \frac{75}{76} = 1^{k.}2088$.

Lorsqu'on aura déterminé le coefficient constant de la résistance de l'air, d'après les données de l'expérience et une valeur déterminée δ; si δ vient à varier et devient δ', le coefficient

doit être multiplié par $\frac{\delta'}{\delta}$. Dans le cas des expériences de Metz on a $\frac{\delta'}{1.208}$.

Calculons maintenant la résistance que l'air oppose à la balle du fusil.

On a d'après Hutton :

$R = \frac{0.25 \mu \delta \pi r^2}{g} v^2$. Soit $v = 450^m$, on a $\mu = 2.053$; soit $r = \frac{16^{mil}.7}{2} = \frac{0.0167}{2}$, on a $\pi r^2 = 0.000219$. Admettons la valeur $\delta = 1^k.208$, $g = 9^m.809$, on trouvera $R = 2^k.803$. Comme la balle pèse environ 27^g. la résistance qu'elle éprouve sera égale à 103.82 fois son poids.

Cette résistance est à celle que donnerait la formule de Besout : : 2.053 : 1.....

M. le commandant Didion pose : $R = 0.028 \pi r^2 v^2 (1 + 0.0023 v)$, d'où l'on tire $R = 2^k.527$, équivalant à 93 fois le poids du projectile.

Notre formule $R = \frac{\varphi I \delta \pi r^2 v^{\frac{5}{2}}}{2g}$ devient quand on y suppose $I = \frac{1}{2}$; $\delta = 1^k.208$; $R = 0.0027 \pi r^2 v^{\frac{5}{2}} = 2^k.54$, équivalant à 94 fois le poids de la balle.

Lorsque la vitesse est réduite à 100^m. la formule de M. Didion donne $R = 75^g$., tandis que d'après notre formule cette résistance ne serait que de 59^g...., résultat qui nous paraît très-près de la vérité.

Pour un boulet de 12 animé d'une vitesse de 450^m et ayant 119^{mil}. de diamètre, on a :

$$R = 0.0027\,\pi\left(\frac{0.119}{2}\right)^2 450^{\frac{5}{2}} = 129^{\text{kil.}}08$$

équivalant à environ 21 fois le poids du boulet.

On voit par là que la résistance de l'air est relativement, beaucoup moins grande pour les gros projectiles que pour les petits.

La résistance dont nous venons de calculer la grandeur en poids, varie à tout moment et diminue avec la vitesse. Cette résistance se transmet à toute la masse du projectile, c'est-à-dire à tous les points matériels dont il est composé. Si donc on divise la résistance de l'air par la masse du projectile, on aura l'action retardatrice sur un point matériel.

Mais dans la valeur de la résistance de l'air $R = 0.0027\pi r^2 v^{\frac{5}{2}}$

il y a un coefficient $0.0027\pi r^2$ qui dépend du projectile et qui est indépendant de la vitesse. C'est sur ce coefficient que doit porter la division.

Or, on sait qu'on a, en appelant P le poids du corps et m sa masse, $P = mg$ et partant $m = \frac{P}{g}$; divisant $0.0027\pi r^2$ par m, on aura : $n = \frac{0.0027\pi r^2 g}{P}$. Or, n est ici une fraction ayant la forme $\frac{1}{k}$ et dans laquelle k est exprimé en mètres.

La valeur de n peut s'écrire ainsi :

$$n = \frac{0.0027 \times 3.14159 \times 4r^2 \times 9^{\text{m}}81}{4 \times P} = \frac{0.0208\,D^2}{P}$$

dans laquelle D est le diamètre du projectile exprimé en fraction de mètre, et P son poids en kilog.

Le nombre n est ce qu'on appelle le coëfficient de la résistance de l'air... en sorte que l'action retardatrice de cette résis-

tance, pendant l'instant infiniment petit dt, est pour un point matériel $dv = -nv^{\frac{2}{3}} dt$.

Quant à la valeur du coefficient 0.0027 on a $0.0027 = \frac{9I\delta}{2g}$.
Si δ devenait δ', alors 0.0027 augmenterait ou diminuerait dans le même rapport, et le coefficient deviendrait $\frac{0.0027\,\delta'}{1.208}$.

Nous avons supposé $I = \frac{1}{2}$, $g = 9^{m.}\,81$, ce qui donne $\varphi = 0.087705$ environ. Pour la balle du fusil on a : $D = 0^{m}.0167$, $P = 0^{kil.}\,02681$, moyenne d'une pesée de 600 balles. La hauteur ordinaire du baromètre à Paris étant de $76^{cent.}$ on obtient en nombre rond.

$$n = \frac{0.0208 \times 76 \times (0.0167)^2}{0.02681 \times 75} = 0.0002192$$

Pour les autres projectiles on a :

$$0.0208 \times \frac{76}{75} = 0.021077 \text{ et } n = \frac{0.021077\,D^2.}{P}$$

Nous allons donner le tableau des valeurs de n pour les différents projectiles de l'artillerie.

BOULETS DE	DIAMÈTRES.	POIDS.	VALEURS DE n.
		kil.	
24 de terre.	0.1485	12.01	0.0000387
16 —	0.1295	8.02	0.00004407
12 —	0.1183	6.07	0.00004510
8 —	0.1031	4.02	0.0000486
36 côte.	0.1706	17.98	0.00003412
30 —	0.1596	15.07	0.00003663
24 —	0 1474	11.88	0.00003855
18 —	0.1342	8.95	0.00004241
12 —	0.1173	5.97	0.00004858

OBUS DE	DIAMÈTRES.	POIDS.	VALEURS DE n.
22 c. de terre. 16 — 15 — 12 — 22 marine. 16 —	0.2202 0.1629 0.1487 0.1184 0.2202 0.1602	23.00 11.20 7.70 4.28 26.50 10.70	0.00004444 0.00004994 0.00006053 0.00006903 0.00003853 0.00005055
BOMBES DE			
32 centimèt. 27 — 22 —	0.3206 0.2744 0.2202	75.00 50.60 23.00	0.00002888 0.00003062 0.00004444
BALLES sphériques en plomb.			
16 mil. 7	0.0167	0.02681	0.0002192
BALLE allongée pleine en plomb.			
Balle ogivale. — à culot.	0.0172	0.0475	?

CHAPITRE II.

ÉQUATION DE LA TRAJECTOIRE DANS L'AIR.

EXPÉRIENCES DE BAPAUME.

DEUXIÈME PARTIE :

DE

L'EXÉCUTION DES BRÈCHES

PAR LA MINE.

(Suite.)

Nomenclature et formules sur les mines.

53. Les formules admises ont été faites spécialement pour la poudre agissant dans la terre ou dans un milieu terminé par un plan horizontal. On était porté à les considérer comme applicables dans tous les cas ; mais bien que cela ne soit pas exact, elles paraissent néanmoins devoir servir comme établissant des rapports correspondants dans les mines, placées comme celles des escarpes dans un milieu terminé par un plan vertical, sauf à voir quelles modifications il faudrait leur faire subir pour qu'elles fussent tout à fait applicables à ce

cas. Il est donc nécessaire de les avoir présentes.

Les formules 5 bis et 6 bis ne renfermant plus que des rapports de charge restent peut-être entièrement applicables à la comparaison des charges des fourneaux et de leurs effets dans le cas des brèches, et on devra s'en servir d'abord.

Ces formules sont d'ailleurs commodes à employer parce qu'elles sont en fonction du rayon des entonnoirs, la seule ligne qu'on puisse mesurer facilement après une expérience. C'est cette propriété qui avait conduit à chercher les formules 5 et 6 pour le cas des fourneaux dans la terre, et il est probable qu'il suffira d'une modification dans leur coefficient pour rendre ces dernières applicables au cas des brèches.

Soit en mètres h la ligne de moindre résistance d'un fourneau, t le rayon de son entonnoir, r son rayon d'explosion, d son rayon de rupture horizontal, d' son rayon de rupture vertical.

Soit $\frac{t}{h} = n$. Le fourneau est dit ordinaire quand $t = h$ ou $n = 1$, surchargé quand $t > h$ ou $n > 1$, sous-chargé quand $t < h$ ou $n < 1$.

Soit c la charge en kilogrammes du fourneau ordinaire dans la terre, dite terre ordinaire des mineurs, terminée par un plan horizontal, exigeant 0,793 de poudre d'une densité 0,91, par mètre cube de terre enlevée, c' la charge d'un fourneau surchargé, c_i la charge d'un fourneau sous-chargé.

La charge c est celle qu'on trouve toute calculée dans la table du *Manuel pratique du Mineur* par le capitaine Villeneuve; nous l'appellerons, pour abréger, charge des tables.

Soient $bb'b_{,}$ les côtés des boîtes cubiques capables de contenir les charges $cc'c_{,}$.

On aura (1) $c = 1000\, b^3\, 0,91$.

Désignant par les petites lettres comme ci-dessus les quantités qui se rapportent à un premier fourneau, par les grandes celles qui se rapportent à un second. On appelle loi des mineurs la relation.

(2) $\frac{c}{C} = \frac{h^3}{H^3} = \frac{t^3}{T^3} = \frac{r^3}{R^3}$. Si on y remplace c C par leurs valeurs en fonction de b en B déduites de l'équation (1) et qu'on extraie la racine cubique, elle devient (2') $\frac{b}{B} = \frac{h}{H} = \frac{t}{T} = \frac{r}{R}$

Si l'on fait la même opération pour les différentes formules récapitulées à la page 73 du *Manuel pratique du Mineur*, on aura les deux séries de formules suivantes, dont la première est celle du *Manuel du Mineur* en fonction de c et de h^3, l'autre sera une série simplement fonction de b et de h.

Les valeurs données par ces formules doivent d'ailleurs être multipliées par un coefficient dépendant de la nature des milieux, et indiqué dans la table ci-après:

Fourneau dans la terre ordinaire des mineurs.

Ordinaire, $n = 1$.	(3) $c = \frac{11}{6} h^3 . 0{,}785 = 1{,}45\, h^3$. Correspond à la règle des mineurs.	(3') $b = \frac{h}{8.5}$.
Surchargé depuis $n=1$ jusqu'à $n=3$.	(4) $c' = c\,(0.15 + 0.85\, n)^3$.	(4') $b' = b\,(0.15 + 0.85\, n)$.
Id. depuis $n = 1$ jusqu'à $n = 5$. .	(5) $c' = 1.45\, T^3\,(1.05 - 0.05\, n)^3$.	(5') $b' = \frac{t}{8.5}\,(1.05 - 0.05\, n)$.
Id.	(5 *bis*) $\frac{C'}{c'} = \frac{T^3\,(1.05 - 0.05\,N)^3}{t^3\,(1.05 - 0.05\, n)^3}$	(5' *bis*) $\frac{B'}{b'} = \frac{T}{t}\,\frac{(1{,}05 - 0{,}05\,N)}{(1{,}05 - 0{,}05\, n)}$
Id. à peu près depuis $n = 1$ jusqu'à $n=1.50$.	(6) $c' = 1.5\, t^3$.	(6') $b' = \frac{t}{0.5}$.
Dans le même cas.	(6 *bis*) $\frac{C'}{c'} = \frac{T^3}{t^3}$	(6' *bis*) $\frac{B'}{b'} = \frac{T}{t}$
Sous-chargé $n < 1$.	(7) $c' = c\left(\frac{4 + 3n}{7}\right)^3$	(7') $b_{,} = b\,\frac{4 + 3\, n}{7}$
Ordinaire, surchargé, rayon de rupture horizontal.	(8) $d = \frac{7}{4} h$.	(8') $b = \frac{1}{15} d$.
Ordinaire et sous-chargé, rayon de rupture vertical.	(9) $d' = 1.41\, h$.	(9') $b = \frac{1}{12} d'$.

Camouflet dans la terre ordinaire des mineurs.	Maximum à une distance h du sol.	(10) $c'=c\left(\frac{4}{7}\right)^3=0.27h^3$ et même $0.74h^3$	(10') $b_{,}=\frac{1}{15}\,h$ et même $\frac{1}{10.7}\,h$.
	Minimum contre une galerie située à une distance d au même niveau.	(11) $c'=1.45\,d^3\left(\frac{4}{7}\right)^3=0.27\,d^3$.	(11') $b_{,}=\frac{1}{15}\,d$.
	Minimum à une distance d' compté verticalement en dessous. . . .	(12) $c_{,}=1.45\,d'^3\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^3=0.516\,d'^3$.	(12') $b_{,}=\frac{1}{12}\,d'$.
Fougasse pierrier. Q est la charge en mètres cubes.		(13) $c=1$ kil. $+\ 4^k80\,Q$.	(13') $b=0.66+\frac{h}{7.40}$
Pétards dans la roche destinés à fendre seulement.		(14) $c=\frac{1}{2}\,h^3$.	(14') $b=\frac{1}{12.2}\,h$.

Déduite de la formule 7, en faisant $n=0$ et prenant un coefficient 2 pour la roche.

Le bourrage des rameaux exige, en gazon et terre, 15 à 20 minutes, en bois et terre *idem*, en sacs à terre 10 à 12; celui d'un puits en terre exige 5'.

TABLE indiquant le rapport des charges dans les différents milieux avec celle en terre ordinaire, ou le coefficient de *c*, et le rapport des côtés des boîtes aux poudres dans les mêmes cas, ou le coefficient de *b*.

DÉSIGNATION DES MILIEUX.	Densité.	Coefficient de *c*.	Coefficient de *b*.
Terre ordinaire des mineurs.			
Grosse terre mêlée de sable et de gravier. .	1.88	1.00	1.00
Terre commune.	1.37	1.12	1.038
Sable fort.	1.79	1.25	1.079
Sable humide.	1.91	1.31	1.092
Terre mêlée de petites pierres.	1.92	1.41	1.120
Argile mêlée de tuf.	2.01	1.55	1.157
Terre grasse mêlée de cailloux.	2.31	1.69	1.190
Roc.	2.31	2.25	1.310
Nouvelles ou vieilles maçonneries humides, non hydrauliques.	2.31	1.30	1.090
Maçonnerie ordinaire.	2.31	1.66	1.183
Nouvelle maçonnerie très bonne.	2.31	2.25	1.310
Maçonnerie dite romaine.	2.31	2.90	1.425

Les formules 4, 5, 7, 12 et 13, toutes les formules en fonction de *b*, et la colonne *b* de la table sont extraites d'un mémoire non publié du capit. Le Blanc, qui a reçu une mention honorable du comité des fortifications. Elles présentent souvent une grande simplification dans les calculs relatifs aux mines, et il est facile de s'en rendre compte ; dans les formules ordinaires on compare des lignes à des cubes ; dans ces nouvelles formules, ce sont des lignes qu'on compare à des lignes.

On trouve dans le même mémoire les deux lois suivantes :

1° Pour une même charge, le fourneau ordinaire est celui dont le cube de l'entonnoir est un maximum.

2° Pour une même charge, le fourneau surchargé qui a $n = 2$ est celui qui déblaie sur le terrain une surface maximum; cette surface varie peu, comme le montrent les formules 6 et 6'.

Discussion et conclusions à tirer des expériences et des théories citées ci-dessus.

Absence de règles pour la charge des brèches.

54. Le général Millet-Mureau, chargé en 1797 de faire au comité des fortifications un rapport sur la démolition de la Brunette, disait : « Il nous « manque un traité de la théorie des mines ap« pliquées aux démolitions. Malgré des expé« riences faites depuis, on en est encore pour la « théorie à peu près au même point; il convient « de chercher, par la comparaison des formules « avec les résultats des expériences, ce que la « théorie peut renfermer de bon, de spécieux ou « de mauvais; » ces quelques lignes résumaient bien l'état de la science alors. Aujourd'hui, comme les expériences de Metz sont celles dont les résultats sont les mieux et les plus minutieusement constatés, c'est sur elles principalement que notre attention se portera; nous avons déjà discuté d'ail-

leurs, au § 11, les règles qu'on trouve dans l'*Attaque des places* de Vauban.

Conclusions qui résultent des expériences et théories citées par rapport à la charge des fourneaux de brèche.

55. Plusieurs points de la théorie des brèches sont donc obscurs; il semble qu'un des premiers à éclaircir, est celui-ci : des maçonneries terminées par un parement vertical ou très incliné résistent-elles autant à un fourneau placé en arrière que des maçonneries ou même que des terres terminées par un plan horizontal, à un fourneau placé au-dessous? La plupart des mineurs ont admis qu'il n'y avait pas de différence entre les deux cas. Voyons ce que nous disent les expériences de Metz et de Montpellier.

Dans les brèches faites à Metz, en 1834, on a vu § 32 qu'on considéra le fourneau comme fait dans des maçonneries auxquelles on attribua un coefficient 2, et qu'on ne chargea qu'aux 3/4 pour avoir, disait-on, un fourneau sous-chargé. Si ces suppositions eussent été vraies, l'entonnoir aurait dû avoir un rayon $T = 4^m,15$; au lieu de cela, on trouve que T égalait 6 mètres, c'est-à-dire qu'il était supérieur à la ligne de moindre résistance $4^m,50$, et que le fourneau qu'on avait fait s'était comporté comme un fourneau surchargé dans lequel $n = \frac{6}{4,5} = 1,33$.

La brèche de Metz a été convenablement faite; les pierres peut-être lancées un peu trop loin; mais il est évident qu'elle n'a pas été faite comme on le supposait.

Pour bien faire comprendre la question, examinons comment on aurait dû charger un fourneau dans les terres horizontales pour obtenir un entonnoir d'un rayon $T=6$ mètres. On aurait eu (formule 5 bis) $c=1,45\ T^3(1,05\text{-}0,05\ n)^3=1,45.6^3$ $(1,05-0,05.\ 1,32)^3=294^k$. Nous voyons par là qu'un entonnoir de 6 mètres de rayon qui serait fait avec 294^k dans la terre horizontale, a été fait dans un mur terminé par un plan vertical, avec 210^k seulement, c'est-à-dire avec une charge inférieure à celle nécessaire dans la terre ordinaire terminée par un plan horizontal et égale à cette charge multipliée par un coefficient 0,71.

Charges pour les escarpes.

56. Il paraît résulter de toutes ces considérations que, pour des escarpes de 6 mètres au moins de hauteur, la charge réglée comme dans les terres ordinaires est à peu près suffisante pour faire brèche à des murs verticaux, ainsi que le disaient Vauban et Cormontaigne, et que la poudre qu'on peut mettre en plus est plutôt utile pour l'éboulement des terres et la projection des maçonneries que pour le renversement de celles-ci; enfin, qu'il n'y

a pas de danger de voir l'entonnoir se faire par en haut, et les escarpes ne pas être renversées comme tous les mineurs le craignent tant qu'il y a de ce côté une ligne de moindre résistance supérieure à celle des maçonneries, conformément à la remarque du général Guillemain, § 34. Une fois admis que la distance au terre-plein peut être plus petite que deux fois la ligne de moindre résistance, on conclura facilement qu'il est avantageux, pour mieux pousser les maçonneries au vide dans le fossé et pour mieux ébranler les terres, de relever le fourneau le plus possible, c'est-à-dire de commencer le rameau à 0^{m}60 au-dessus du fond du fossé, et de le faire montant pour arriver au fourneau; c'est ce que dit le général Chasseloup, en ajoutant que cela ne doit se faire toutefois, qu'autant qu'on ne craint pas de contre-mines en-dessous, car alors il faut se tenir le plus bas possible.

Pour remuer suffisamment les terres, on ne doit pas loger les poudres dans les maçonneries du revêtement comme on est porté à le faire aujourd'hui en considérant l'opération comme une simple démolition. L'importance extrême qu'il y a d'ailleurs à aller vite doit faire rejeter tout encastrement de la boîte aux poudres dans les maçonneries.

Une brèche de vingt mètres sera faite en général par trois fourneaux. Les entonnoirs se recroisant beaucoup, la charge du fourneau intermédiaire pourrait être réduite, si on n'avait pas en vue

d'agir sur les terres comme dans les démolitions.

Charges pour les contrescarpes.

57. On a vu au § 31 qu'aujourd'hui à égalité de ligne de moindre résistance, les mineurs chargeaient pour renverser des maçonneries plus fort que pour enlever des terres : aux § 11 et 12 que Vauban et Cormontaigne, qui ne donnaient que des charges égales pour ces deux cas, tenaient à avoir du côté des terres une ligne de moindre résistance double de celle des maçonneries. Au § 36, qu'il semblait au colonel de Cassières, directeur à Arras, qu'il y avait peut-être lieu de tenir compte du sens de la ligne de moindre résistance. Au § 34, que le général Guillemain remarquait qu'il avait suffi d'une hauteur de terre à peu près égale à la ligne de moindre résistance du côté des maçonneries pour déterminer la chute de celle-ci. Au § 55, que les expériences de Metz, en 1834, conduisaient aux mêmes conclusions. Au § 28, qu'il en était de même des expériences de Montpellier, en 1833. Quand on fait brèche à une escarpe, on est ordinairement placé de manière à satisfaire à la règle de Vauban d'avoir du côté des terres une ligne de moindre résistance double de celle du côté des maçonneries; mais il n'en est plus ainsi lorsqu'on renverse une contres-

carpe, circonstance que le génie est appelé à rencontrer maintenant plus fréquemment que l'autre, à cause de la perfection avec laquelle l'artillerie fait ses brèches. Il en résulte que la profondeur et la charge d'un fourneau destiné à renverser une constrescarpe est un des sujets d'expériences nouvelles les plus importants.

Résistance des galeries en maçonnerie.

58. Les conclusions de l'École de Montpellier en 1837, § 37, savoir, qu'un rameau ne résiste pas à un fourneau placé à 3/8 h. au-dessus de sa voûte, doivent être vérifiées.

Conclusions par rapport au pyroxyle.

58 bis. Il résulte des § 39 à 50 que le pyroxyle peut s'employer à la densité 0,34; que son coefficient par rapport à la poudre de guerre est 0,25 dans le tirage des pierres calcaires de Paris, 0,35 dans les petites armes, 0,43 dans les mines de guerre, quant à l'ouverture de l'entonnoir, et 0,60 quant à son évidement;

Que le gaz oxyde de carbone qui forme les 2/3 des produits de la déflagration est délétère; mais que si on ajoute 80 de nitre à 100 de pyroxyle, on n'a plus que de l'acide carbonique et que l'effet est égal à celui de 180 de pyroxyle; que la

poudre de mine inférieure à la poudre de guerre peut s'améliorer par le même moyen; enfin que le pyroxyle est facile à enflammer par la pile Bunzen.

CHAPITRE II.

Programme général et compte rendu des expériences avec leurs motifs et leurs conséquences.

59. L'état de la science ayant été exposé comme nous venons de le voir au chapitre Ier, un premier programme fut rédigé à Paris, et soumis à la commission et à M. le ministre de la guerre, pour être exécuté, sauf les modifications et additions qui pourraient être jugées nécessaires sur les lieux. Le commandant de l'école d'Arras se rendit sur le champ à Bapaume pour faire commencer les travaux préparatoires et reconnut que quelques modifications tenant à l'état des fortifications seraient nécessaires. M. le maire de la ville avait donné l'autorisation d'étendre le champ des expériences en dehors des terrains réservés à l'État; la commission présidée par M. le duc de Montpensier, s'étant réunie le 5 août à Bapaume, le programme suivant fut arrêté définitivement.

Programme des expériences de Bapaume, arrêté le 5 août par la Commission.

NOTA. — Dans le tableau récapitulatif, à la fin de ce travail, les expériences se suivent dans l'ordre d'exécution ; elles sont ici groupées en ordre méthodique, c'est-à-dire en rapprochant les expériences analogues.

Nos du programme.	Nos d'exécution.	NUMÉROS des ouvrages.	DESIGNATION DES EXPÉRIENCES.
			1re SÉRIE.— FOURNEAUX D'ÉPREUVE. (Expériences 13, 22, 15, 14, 30.)
1	13	Terre-plein de la 1/2 lune 10.	Fourneau d'épreuve pour déterminer le coefficient de la terre du pays par rapport à la poudre.
2	22	*Id.*, 11.	Evidement de l'entonnoir par une charge double de celle du fourneau ordinaire.
3	15	*Id.*	Fourneau d'épreuve avec le pyroxyle pour déterminer son coefficient.
4	14	*Id.*	Fourneau d'épreuve avec le pyroxyle nitré pour déterminer son coefficient.
5	30	Glacis 146, à Arras.	Fourneau dans une boîte longue verticale pour constater l'influence de la forme de la charge.
			2e SÉRIE.— ATTACHEMENT DU MINEUR. (Expériences 1, 1 *bis*, 26, 5.)
6	1	Courtine 1-2.	Effet de l'explosion d'un baril de poudre pour étonner les maçonneries et préparer le logement du mineur.
6 *bis*	1 *bis*	Courtine 1-2.	Percer une escarpe par le pétardement.
7	26	Courtine 3-4.	Amorcer le trou du mineur par une pièce de 12 sur affût et par une pièce de 12 sur chantier.
8	5	1/2 lune 10, face droite.	Dispositif d'un fourneau de brèche auquel on arrive en passant sous les fondations.
			3e SÉRIE.—BRÈCHES D'ESSAI A 1 FOURNEAU. (Exp. 2, 3, 9, 20, 21, 23, 27.)
9	2	1/2 lune 10, face droite.	Brèche d'essai pour vérifier la règle de Vauban qui détermine les charges pour les brèches des escarpes, comme pour les fourneaux dans la terre ordinaire terminée par un plan horizontal.

Nos du programme.	Nos d'exécution.	Numéros des ouvrages.	Désignation des expériences.
10	3	*Id.*	Répétition de l'expérience n° 2 en employant le pyroxyle
11	9	1/2 lune 10.	Essayer le mélange de 100 parties de pyroxyle et 80 de nitre pour renverser une escarpe.
12	20	1/2 lune 11, face gauche.	Brèche faite par un fourneau autour duquel on a laissé un vide décuple du volume de la charge.
13	21	1/2 lune 11, face gauche.	Brèche produite par une charge de pyroxyle non comprimé, occupant une chambre pareille à celle de l'expérience n° 20.
14	23	*Id.*	Brèche à une escarpe en renfermant une charge de pyroxyle dans une forte boîte.
	27	Château.	Brèche à une escarpe en terre.
			4e SÉRIE. — BRÈCHES A PLUSIEURS FOURNEAUX. (Exp. 4, 8, 18, 29, 10, 17.)
15	4	Face droite de la 1/2 lune 14.	Brèche par deux fourneaux dont la charge soit 1 fois 1/4 celle d'un fourneau en terre ordinaire, en les espaçant de 3 fois leur ligne de moindre résistance, pour reconnaître le recroisement des entonnoirs dans le cas des brèches.
16	8	Courtine 2-3.	Brèche avec deux fourneaux, en suivant le dispositif de Vauban.
17	18	Bastion 2, saillant.	Brèche par la poudre avec 6 fourneaux aux deux faces d'un bastion suivant le dispositif de Cormontaigne.
18	29	Bastion 2, face droite.	Brèche par le pyroxyle avec 3 fourneaux à une face de bastion.
19	10	Bastion 2, face gauche.	Brèche par la poudre avec 3 fourneaux suivant le dispositif de la commission.
20	17	Courtine 2-3.	Brèche par le pyroxyle suivant le dispositif de la commission, comme à l'expérience n° 10.
			5e SÉRIE. — BRÈCHE PAR UNE GALERIE D'ESCARPE. (Exp. 24.)
21	24	Bastion 3, face droite.	Brèche en plaçant la charge de poudre dans une galerie d'escarpe.
			Nota. Les expériences 22, 23, 24 du programme n'ont pas été exécutées.

Nos du programme.	Nos d'exécution.	Numéros des ouvrages.	DESIGNATION DES EXPÉRIENCES.
			6e série. — Renversement des contrescarpes. (Exp. 7, 6, 25, 32.)
25	7	1/2 lune 14, face gauche.	Vérifier si une hauteur de terre D au-dessus d'un fourneau égale à la ligne de moindre résistance *h*, par rapport au parement des maçonneries, ne suffit pas pour assurer le renversement de celles-ci, en employant la poudre.
26	6	1/2 lune 14.	Même expérience, en employant le pyroxyle avec le coefficient 0.60.
27	25	Gorge de la 1/2 lune 10.	Examiner si une hauteur D de terre au-dessus d'un fourneau égale aux 3/4 de la ligne de moindre résistance *h*, par rapport au parement d'une escarpe, ne suffit pas pour assurer le renversement de celle-ci.
28	32	Place d'armes 146, 143.	Même expérience avec D = 1/2 *h* et une contrescarpe en terre.
			7e série. — Rupture des galeries. (Expériences 12 et 11.)
29	12	Château.	Crever par un globe de compression la galerie qui aboutit au bastion 7, en employant la poudre.
30	11	*Id.*	Même expérience, en employant le pyroxyle.
			8e série. — Déblais de brèches. (Expériences 16, 19, 21.)
31	16	Face droite. 1/2 lune 15.	Déblai d'une ancienne brèche par un fourneau.
32	19	Face droite bastion 6.	Déblai d'une brèche faite par l'artillerie.
33	21	Glacis 146, à Arras.	Effets d'une charge de poudre répartie sur la longueur d'un rameau.
			9e série. — Trouée a travers une contre-garde par la mine. (Exp. 28.)
34	28	Contre-garde 17.	Faire une trouée à travers une contre-garde, de manière à pouvoir, de son chemin couvert, battre immédiatement le bastion en brèche.

Notions générales relatives à toutes les expériences.

60. Le § 19 de la première partie, artillerie, donne la description générale de la place, sur laquelle nous ne revenons pas.

Les murs de Bapaume bâtis par les Espagnols sont à talus extérieurs au 1/5 ou au 1/6 et à talus intérieur au 1/10; ils ont des contre-forts qui ne descendent pas toujours jusqu'au fond du fossé, ils sont construits en moellons de craie avec parement en briques; le mortier, formé par une arène légèrement hydraulique et de la chaux grasse, est très dur; mais le parement de briques sur la première demi-brique est souvent soufflé, surtout dans les parties exposées aux vents de pluie.

La terre de Bapaume est une argile jaunâtre propre à la fabrication des briques, se tenant verticale quand on la coupe; c'est la même terre qu'à Arras, elle recouvre la craie dans tout le nord de l'Europe.

La poudre employée était de la poudre de guerre venant d'Esquerdes; la densité de cette poudre tassée était 0,977, non tassée de 0,845, en moyenne 0,91, comme on le suppose dans le *Manuel du Mineur* du capitaine Villeneuve; sa portée moyenne au mortier éprouvette à Esquerdes était de 237 mètres; vérifiée à Bapaume avec un globe neuf, on l'a trouvée de 245 mètres; il

est probable que c'est au globe qu'est due cette différence. Bien qu'on ait dans le commerce une autre poudre, dite poudre de mine, les expériences sur les mines de guerre doivent être faites avec de la poudre de guerre qui est celle qu'on a aux armées, et il est probable qu'il en a toujours été ainsi, quoiqu'on ne le dise pas ordinairement dans les procès-verbaux d'expériences.

Le pyroxyle avait été fabriqué au Bouchet avec un volume d'acide azotique et deux volumes d'acide sulfurique; sa vitesse à la charge de 3 grammes au fusil pendule était de 415 mètres.

Le feu mis à 2 mètres de saucisson de sûreté raccordé à $1^m,50$ de saucisson ordinaire était 2^m 1/2 à arriver au saucisson Larivière dont la combustion est presque instantanée. La flamme du saucisson ordinaire avertissait du moment de l'explosion.

Des abris blindés (Pl. 18, fig. 11) étaient disposés pour les membres de la commission et pour les officiers en uniforme; des emplacements marqués par des piquets étaient réservés aux curieux. Un cordon de factionnaires à pied et de védettes à cheval commandé par un officier était placé chaque jour une heure avant le commencement des expériences au-delà des limites du terrain dangereux, afin d'en interdire l'accès au public. Le chargement des fourneaux ne devait se faire que peu de temps avant le moment fixé pour les expé-

riences. Le moment de l'explosion était indiqué par la retraite battue; la reconnaissance de la brèche ne devait avoir lieu que sur l'ordre exprès du président de la commission, et, si une explosion était manquée, cet ordre ne devait être donné que plusieurs heures après.

Dans les dessins à l'appui des expériences, les boîtes aux poudres sont toujours marqués par un ▪ noir pour les rendre bien apparentes, qu'elles soient visibles, ou non. Dans les plans gravés pour suppléer au lavis des minutes, on a relevé les parties bouleversées, par des hachures d'un diapason faible, tout en conservant les horizontales; le reste de la fortification est représenté par les horizontales seulement.

1re SÉRIE. — FOURNEAUX D'ÉPREUVE. (Exp. 13, 22, 15, 14, 30.)

61. Expérience n° 13, pl. 7, fig. 1, 2, 3, 4. Fourneaux d'épreuve pour déterminer le coefficient de la terre par rapport à la poudre.

Deux fourneaux de 4 mètres de ligne de moindre résistance furent placés dans le terre-plein de la 1/2 lune 10,; on y arrivait par un puits et un rameau de 9 mètres; on chargea de 93 kilog.; comme pour la terre ordinaire des mineurs; l'explosion eut lieu avec une belle gerbe de 30 mètres environ de hauteur; la projection des débris mesurée horizontalement était de 15 mètres; l'entonnoir avait $1^m,50$ de flèche; son rayon t était dans les deux cas de 4 mètres, égal à la ligne de

moindre résistance : la terre de Bapaume doit donc être assimilée à la terre ordinaire des mineurs.

62. Expérience n° 22, dans le terre-plein de la demi-lune 11. Évidement de l'entonnoir par une charge double de celle des fourneaux ordinaires.

Le but de cette expérience était de reconnaître l'influence de l'augmentation de la charge sur l'évidement de l'entonnoir, afin de juger ce qu'on aurait à faire plus tard lors des déblais de brèche. Toutes les circonstances étaient les mêmes que dans l'expérience n° 13; la ligne de moindre résistance égalait 4 mètre: le terrain était pareil, la charge était double, c'est-à-dire de 186 kilog.

La gerbe de l'exposition s'éleva à 40 mètres au moins. La projection des débris mesurée horizontalement était de 28 mètres. La flèche du déblai avait 2^{m},25. Les effets de projection et de déblai étaient donc augmentés à peu près dans le rapport de 1 à 1,50, le rayon d'entonnoir calculé était de 5^{m},13, le rayon trouvé avait 5^{m},10 dans un sens, 4^{m},75 dans l'autre, un peu inférieur, par conséquent, au rayon calculé.

63. Expérience n° 15, pl. 7, fig. 7 et 8. Fourneau de 4 mètres de ligne de moindre résistance placé dans les mêmes circonstances que ceux de l'expérience n° 13, mais chargé en pyroxyle avec le coefficient Py=0,50, c'est-à-dire avec 47 kil. de pyroxyle au lieu de 93 kil. de poudre.

La gerbe fut moins haute, son entonnoir fut

moins déblayé que dans l'expérience n° 13; mais le rayon de l'entonnoir fut de 4 mètres également. Le pyroxyle conservait ici la propriété, déjà signalée dans les expériences de Vincennes, de moins bien déblayer les entonnoirs et moins bien lancer la gerbe que la poudre. L'explication de ce fait a été donnée au § 41.

On fit faire l'explosion de ce fourneau en pyroxyle pendant la nuit pour voir si le gaz oxyde de carbone ne se réenflammait pas au contact de l'air; c'est en effet ce qui eut lieu. On remarqua au milieu de la gerbe, à 10 mètres environ au-dessus du sol, une belle flamme vive qui s'éleva à 15 ou 20 mètres, conformément aux apparences rappelées au § 44.

64. Expérience n° 14, pl. 7, fig. 5 et 6. Fourneau de 4 mètres de ligne de moindre résistance dans les mêmes circonstances que les fourneaux n°s 15 et 13, mais chargé en pyroxyle nitré.

Conformément aux indications du § 51, le pyroxyle nitré est un mélange de 100 parties de pyroxyle et de 82 de nitre en poudre, simplement mêlé à la main, comme cela est indiqué au procès-verbal n° 33 de la commission du pyroxyle. Dans les épreuves faites aux carrières de plâtre de Belleville, au mois de juin 1847, M. Combes avait trouvé que 1 kil. de pyroxyle nitré était l'équivalent de 1 kil. de pyroxyle pur. Dans les épreuves au fusil, le nitre avait paru se comporter comme

un corps inerte et ne produire aucun effet ; quoique l'emploi du pyroxyle dans les mines militaires se rapproche plus de son emploi dans les carrières que de celui dans les canons, comme le pyroxyle nitré, employé dans l'expérience de brèche n° 9 déjà faite, avait produit peu d'effet, on résolut de charger de 47 kil. de pyroxyle comme dans l'expérience précédente n° 15 et d'ajouter en sus 37 kil. de nitre. Cette charge devait correspondre à un coefficient 0,74, ou à un fourneau surchargé, si le pyroxyle nitré était effectivement équivalent au pyroxyle ; mais la surcharge permettait également de conclure le coefficient du pyroxyle nitré.

La gerbe fut très forte, 35 mètres environ : l'entonnoir mieux évidé qu'avec le pyroxyle dans l'expérience n° 15 : le rayon de l'entonnoir $t = 4^m,75$.

En appliquant à ce résultat la formule n° 5, § 53. $c = 1,45\ t^3(1,05 - 0,05\,n)^3\ Pn$ dans laquelle $h = 4^m,00,\ t = 4^m,75,\ n = \frac{4,75}{4} = 1,19,\ c = 84^k.$ on trouve le coefficient du pyroxyle nitré $Pn = 0,55$. Nous avons trouvé dans l'expérience précédente, § 63, $Py = 0,50$ pour le coefficient du pyroxyle pur ; ces deux coefficients sont à peu près égaux, et cela justifie suffisamment les conclusions de M. Combes, § 55. En comparant la flèche $1^m,40$ de l'entonnoir de ce fourneau à celle $2^m,25$ de l'expérience n° 22, § 62, qui avait comme celui-ci

un rayon T = $4^m,75$, on reconnaît encore l'influence de la vapeur d'eau sur le peu de déblai des entonnoirs produits par le pyroxyle. L'expérience n° 14 a été faite de nuit comme l'expérience n° 15, pour constater l'effet du nitre sur le pyroxyle. Dans l'expérience n° 14, l'oxyde de carbone devant être transformé en acide carbonique par l'addition du nitre ne devait pas présenter de flamme dans la gerbe, comme on en avait vu dans l'expérience n° 15; c'est en effet ce qui arriva.

Expérience n° 30. Effet d'une charge en poudre renfermée dans une longue boîte verticale.

65. Cette expérience, faite à Arras après le retour du détachement de Bapaume, se rapportait à une question encore peu étudiée, celle de la forme allongée des charges; elle jetait du jour sur une expérience faite à Vincennes, pour la commission du pyroxyle, sous la direction du commandant Leblanc pendant le mois de juin 1847, et pouvait trouver des applications utiles dans la question des contre-puits. Dans un retour de rameau, planche 18, figures 1, 2, on plaça la machine à camouflet et on perça un trou vertical de $3^m,70$ de hauteur sur $0^m,10$ de diamètre : on bourra en madriers de bois et on étançonna. La charge de 18 kil. avait $2^m,50$ de longueur, $2^m,30$ de ligne de moindre résistance comptés de son milieu. Son extrémité supérieure était à $1^m,50$ du sol. La détonation fut assez forte,

les terres furent lancées à 21 mètres de hauteur et à 12 mètres de distance horizontale, l'entonnoir avait de $1^m,80$ de profondeur déblayée, et $2^m,18$ de rayon ; la forme de la charge qui avait légèrement diminué le rayon d'entonnoir avait augmenté la projection et le déblai. Avec la poudre dans les mêmes circonstances, les mêmes effets s'étaient présentés à Vincennes, mais la projection avait été beaucoup plus grande parce que le trou vertical pour loger la poudre avait été creusé par le haut. Avec le pyroxyle, on n'avait eu qu'un faible entonnoir supérieur et une chambre dans le fond de la charge, séparée de l'entonnoir supérieur par une portion de $0^m,30$ de hauteur du trou cylindrique par lequel on avait introduit la charge; on a cherché à expliquer cet effet par la grande rapidité d'inflammation du pyroxyle.

Conclusions sur les fourneaux d'épreuve.

66. En résumé, il résulte des expériences d'épreuve, que la terre de Bapaume peut être assimilée à la terre ordinaire des mineurs, qu'une charge double donne une flèche d'entonnoir égale à 1 fois 1/2 celle du fourneau ordinaire, qu'une charge longue verticale augmente le déblai et la projection, que le coefficient du pyroxyle comparé à la poudre est 0,50, et celui du pyroxyle nitré, 0,55.

2e SÉRIE. — ATTACHEMENT DU MINEUR. (Exp. 1, 26, 5.)

67. L'objet des trois expériences suivantes est de rechercher les meilleurs moyens de loger promptement le mineur dans la maçonnerie, de manière à le dérober aux coups de l'assiégé.

Expérience n° 1. Effet de l'explosion d'un baril de poudre pour étonner les maçonneries et préparer le trou du mineur.

68. On a vu, § 7, chap. Ier, que cette expérience avait déjà été tentée sans succès; cependant on crut qu'il fallait la répéter, parce que les murailles de Bapaume, formées de matériaux tendres, briques et craie, paraissaient très propres à sa réussite. On plaça en conséquence un baril de 100 kil. de poudre au pied de l'escarpe de la courtine 1-2, planche n° 2, fig. 1, 2, 3, 5. Cette escarpe avait 12 mètres de hauteur, surmontée d'un parapet de 6m,30; son parement était en très bon état.

Quatre mineurs apportèrent le baril de poudre; douze sapeurs, les 70 sacs à terre, qu'ils rangèrent autour en 30 minutes, comme l'indique la fig. 5. L'explosion eut lieu avec un bruit formidable, très supérieur à celui de plusieurs pièces de 24; une partie du gaz sembla glisser le long de l'escarpe, en laissant sur le mur des traces, à gauche surtout, suivant une surface elliptique (pl. 2, fig. 2), dont le grand axe avait 9 mètres; il y eut comme un re-

mous dans l'air qui se rabattit sur la ville, cassa 67 carreaux chez 17 particuliers différents, et enfonça deux portes. L'effet se fit sentir à 90 mètres derrière l'escarpe et à 160 mètres à droite et à gauche. Le sol fut déprimé sur une surface de $2^m,10$ de long de l'escarpe.

Si le passage du fossé avait existé, il aurait été complétement bouleversé, et la réaction se serait fait sentir dans la descente souterraine.

Le parement de l'escarpe fut arraché sur $6^m,93$ de largeur, $1^m,60$ de hauteur, $0^m,42$ de profondeur au centre, se réduisant à une brique ou une demi-brique sur les bords; la maçonnerie en arrière du parement fut meurtrie sur $0^m,45$ de profondeur, de manière qu'après 45' le mineur était enfoncé de $0^m,80$ à partir du parement; mais la grande surface enlevée sur celui-ci ne rendait pas encore sûr l'abri du mineur, il ne l'a été qu'après 1 heure 10 minutes de travail. Tout ce dispositif aurait été fort dangereux pour les seize mineurs exposés pendant une demi-heure pour son établissement. Le peu de temps qu'il fait gagner et les inconvénients de l'explosion, paraissent devoir engager à ne pas s'en servir. Peut-être pourrait-on essayer d'amorcer, avec la pioche dans la maçonnerie, un trou capable de contenir un sac plein de poudre et de le contre-butter par six sacs à terre.

Expérience n° 1 *bis* à la courtine 1-2. Emploi du pétard pour percer une escarpe.

68 *bis*. Cette expérience, qui a été répétée deux fois et faite par une brigade de mineurs, conduite par des mineurs carriers expérimentés, a donné des résultats trop peu avantageux pour qu'on puisse recommander ce moyen. On voit, en effet, par le tableau du § 71 (Percer l'escarpe par mètre courant d'épaisseur), qu'il est inférieur à la plupart de ceux qui ont été expérimentés; et dans la position où se trouve le mineur attaquant, il faudrait que ce moyen présentât de grands avantages pour s'en servir.

Expérience n° 26, à la courtine 3-4. Amorcer le trou du mineur par une pièce de 12 placée comparativement sur affût et sur chantier. (Planche n° 15, fig. 4, 5, 6, 7, 8.)

69. Le feu a été exécuté à 40m00 de distance de l'escarpe avec une pièce de 12 de campagne montée sur son affût avec charge de guerre, tiers du poids du boulet. En 6 minutes on a placé 6 boulets dans un rectangle de 0m,80 de hauteur sur 0m,50 de largeur, fig. 4 et 5, un à chaque angle, 2 dans la partie intermédiaire; la maçonnerie de briques était très dure et excellente. Chaque boulet a fait un trou évasé de 0m,45 à 0m,55. Un mineur s'étant approché, a détaché avec la pioche les

parties de maçonnerie qui étaient brisées ou étonnées, et, en 3 minutes, il a pu se loger à couvert et travailler; la profondeur du trou n'était que de $0^m,50$ à $0^m,55$.

Une seconde expérience, fig. 6, a donné le même résultat.

Dans la supposition qu'il ne soit pas possible d'amener, au pied de la descente, la pièce sur son affût, on l'en a enlevée et on l'a placée sur deux chantiers formés de quelques bouts de gîtes. Au moyen d'un levier dans la bouche du canon, on a pointé et donné la hausse. Cinq coups seulement ont été placés dans la muraille, fig. 7 et 8, et le mineur a pu achever son logement en 5 minutes: toute l'opération avait duré 55 minutes. Dans les deux premiers coups on contrebuttait la pièce par des piquets, fig. 9; ils étaient arrachés à chaque coup, et on a dû y renoncer et adosser la pièce à un talus. Le premier coup a employé 20 minutes, le second 8 minutes, le troisième 13 minutes, les quatrième et cinquième 7 minutes seulement; des hommes exercés auraient donc fait le tout en 40 minutes.

De retour à Douai, M. le capitaine Joly Frigola a repris, avec l'approbation du général commandant l'artillerie, la question du tir sans affût. Il a fait exécuter en une heure un châssis, fig. 10, 11, 12 et 13, pl. 15, au moyen duquel il a pu exécuter le tir en 3 minutes et demie par coup, dans les cir-

constances les plus défavorables ; c'est-à-dire sur un terrain gras et humide. Sur des madriers humides, le recul a été jusqu'à 3 mètres ; mais sur des madriers secs, il n'a pas dépassé leur longueur, qui est de $1^m,40$.

Expérience n° 5. Dispositif d'un fourneau auquel on arrive en passant sous les fondations.

70. On a vu au § 8, que le comité des fortifications avait conseillé cette expérience ; on y a consacré l'escarpe de la face droite de la 1/2 lune 10, planche 4, fig. 1, 2, 3.

La hauteur de cette escarpe était de $6^m,50$, son épaisseur à la base 2 mètres. On mit 3 heures 47 minutes à creuser un puits de $1^m,80$ de profondeur ; le puits était coffré et un petit châssis a été placé à l'entrée du rameau. Le rameau de 7 mètres de longueur, y compris un retour de 4 mètres, a été fait en 10 heures 13 minutes ; la charge a été placée en 45 minutes, le bourrage en terre du rameau a été fait en 3 heures 43 minutes, celui des puits en 10 minutes. Tout le dispositif a demandé 18 heures 38 minutes.

Ce temps est plus long qu'il ne faut ; le puits aurait pu être fait en 1 heure, en partant du fond de la tranchée ; le rameau, sur $3^m,1$, n'aurait dû avoir que 1 mètre au plus de retour, soit 4 mètres, et aurait dû être exécuté en 4 heures, le bourrage en sacs à terre du rameau en 40 minutes, celui

du puits en 10 minutes, en tout 5 heures 50 minutes pour un seul fourneau. Si on avait fait 2 attaques, les fourneaux pour une large brèche auraient pu jouer au bout de ce temps.

Dans cette méthode de traverser une muraille le fourneau est placé au-dessous du fond du fossé. On ne peut évidemment considérer comme la ligne de moindre résistance sa distance au sommet de l'angle rentrant formé par le fond du fossé et l'escarpe; on a pris ici une ligne plus longue représentant l'axe de l'entonnoir probable tracé sur le dessin; elle avait $4^m,40$; il en est résulté la charge 124 kilog. correspondante à cette ligne de moindre résistance dans la terre ordinaire. La règle indiquée par le général Chasseloup, § 16, qui revient à doubler la charge dans un angle rentrant droit, aurait conduit à celle de 134 kilog. très rapprochée de la charge adoptée.

L'explosion ayant eu lieu, la projection a été forte, le sol en arrière s'est éboulé, la brèche était praticable sur 6 à 7 mètres de largeur, son talus moyen était de 26°. Il y avait dans le haut un ressaut de $0^m,80$.

Conclusions des expériences sur l'attachement du mineur.

71. Les trois expériences 1, 26, 5, avaient pour but spécial d'examiner les moyens d'attacher le mineur et d'arriver à la chambre des poudres, le plus vite possible.

L'expérience n° 1. Étonner la maçonnerie par un tonneau de poudre présente de grands inconvénients et peu de célérité. L'expérience n° 1 bis, Emploi du pétard pour percer une escarpe, conduit à rejeter ce moyen comme sans avantage et gênant. L'expérience n° 3, Passage sous la fondation, présente un avantage notable de célérité, puisque tout le dispositif jusqu'à la mise du feu aurait pu être exécuté en 6 heures; il oblige à forcer les charges, ce qui a peu d'inconvénient. Enfin l'expérience n° 26, Trou amorcé par une pièce de 12, présente décidément des avantages incontestables de célérité et de sûreté d'exécution, puisqu'il suffit de 10 minutes avec tir sur affût, une heure avec tir sur chantier, 24 minutes avec un châssis, pour établir le logement du mineur, qui n'est exposé que pendant 3 minutes au lieu de 3 heures; elle donne encore lieu d'examiner si on ne devrait pas continuer ainsi à faire agir le canon et à percer l'escarpe, si cela est possible. Si l'opération se faisait avec la pièce sur l'affût, elle n'exigerait peut-être qu'une heure pour percer l'escarpe, et alors la brèche par la mine se ferait presqu'aussi rapidement que celle par l'artillerie. Cette expérience paraît donc devoir être essayée. Le comblement du trou pourrait amortir l'effet du canon; mais on l'évitera en commençant le tir un peu haut, à 3 mètres, par exemple, et façonnant le bas du trou en escalier qui présenterait un talus,

le long duquel les décombres descendraient.

Si on faisait par le canon deux entrées pareilles à 3 mètres l'une de l'autre, et par la mine deux petits rameaux de 2 mètres de profondeur avec 2 mètres de retour dans les terres, on pourrait espérer voir tout le dispositif d'une brèche de 20 mètres préparé en 6 heures pour une escarpe de Vauban de 10 mètres de hauteur et $3^m,30$ d'épaisseur. D'après les résultats consignés dans le tableau ci-dessous des expériences 2, 3, 8, 10, 17, 18, 29, où l'on a attaché simplement le mineur à l'escarpe, il faut moyennement 10 heures par mètre d'épaisseur d'escarpe, rameaux et bourrage compris, et par conséquent il faudrait 33 heures pour arriver au même résultat.

TABLEAU récapitulatif du temps employé à Bapaume pour faire des dispositifs de brèche, et calcul du temps moyen nécessaire pour percer l'escarpe et faire tout le dispositif par mètre d'épaisseur d'escarpe.

Numéros des expériences.	Épaisseur des escarpes.	Temps pour : Amorcer le trou du mineur sur 0,80.	Achever de percer l'escarpe.	Amorcer le trou et percer l'escarpe.	Percer l'escarpe par mètre courant d'épaisseur.	Tout le dispositif en chargeant en sacs à terre.	Tout le dispositif par mètre courant d'épaisseur.
	mètres.	h. '.	h. '.	h. '.	h. '.	h. '.	h. '.
1	3.20	2,20	12,48	15,08	4,42		
1 *bis.*	2.85	3,12	15,34	18,46	6.54		
2	2.10	3,00	5,57	8,57	4,07	16,41	8,00
3	1.60	2,58	3,49	6,47	4,03	16,12	10,00
8	3.18	5,40	18,56	23,36	7,20	41,00	12,48
10	2.90	4,10	9,20	13,30	4,35	40,13	13,48
	2.90	2,45	16,38	19,23	6,39		
17	3.15	5,40	16,50	22,30	7,06	34,30	11,06
	3.15	6,34	13,26	20,00	6,27		
18	3.50	1,47	18,00	19,47	5,33	37,00	10,30
29	2.60	1,50	4,10	6,00	2,20	27,00	10,24
	2.60	2,20	7,40	10,00	3,51	27,00	10,24
	35.18	42,16			56,01		111,54
Temps moyen.		3,52			4,06		11,15

Les temps qui résultent de ce tableau paraissent fort considérables et portent à penser qu'il y au-

rait des améliorations à faire à l'outillage des mineurs pour percer les maçonneries.

3e SÉRIE. — BRÈCHES D'ESSAI A UN FOURNEAU AUX ESCARPES. (Exp. 2, 3, 9, 20, 21, 23, 27.)

72. Avant de procéder aux brèches faites à des escarpes élevées et avec plusieurs fourneaux, la commission voulut essayer de petites brèches à un seul fourneau, pour rendre plus simples les résultats théoriques à observer et vérifier si la loi des charges restait la même, quelle que fût la hauteur. Ces expériences devaient porter sur la poudre et le pyroxyle.

Expérience n° 2. Brèche d'essai avec la poudre, à la demi-lune 10, pour vérifier la règle de Vauban établissant que la charge des fourneaux de brèche des escarpes est la même que celle des fourneaux dans la terre ordinaire terminée par un plan horizontal.

73. L'escarpe choisie, planche 2, fig. 6, 7, 8, avait $5^m,50$ de hauteur, $2^m,10$ d'épaisseur à l'entrée du rameau. On plaça le fourneau à $h = 2^m,55$ en arrière du parement de l'escarpe ; la charge 25 kil. était celle déterminée par la formule $c = 1^m,45\ h^3$, on n'avait pas trouvé de contre-fort ; la hauteur de terre jusqu'au terre-plein était égale à 6 mètres : une brigade de 4 sapeurs avait mis 17 heures à préparer le dispositif. Le feu ayant été mis, l'escarpe fut renversée presque sans bruit, sans

fumée, avec une faible projection; le talus de la brèche de 31° par le bas, allant en s'adoucissant vers le haut, était terminé par un ressaut un peu surplombant de 2m,20 de hauteur; le terrain était fissuré à 3 ou 4 mètres en arrière; la largeur de la brèche était de 3m,80.

Cet effet était faible, il y avait là une cause d'erreur dont on ne s'était pas assez rendu compte. Les parapets de Bapaume avaient été supprimés et les terres jetées dans le fossé; l'épaisseur des escarpes était donc trop forte par rapport à la hauteur des terres soutenues. Si le parapet eût existé, qu'on eût compté comme Vauban le faisait la hauteur jusqu'à la crête extérieure, on aurait eu $h = 3^m,50$ et $c = 60$ kilog., charge probablement bien suffisante pour faire une bonne brèche.

Expérience n° 3. 1/2 lune 10, face droite. Répétition de l'épreuve précédente en employant le pyroxyle.

74. Les circonstances étaient absolument les mêmes que dans l'expérience n° 2; la charge du pyroxyle fut réglée à 11 kilog. en supposant le coefficient du pyroxyle égal à 0,43, comme on l'avait trouvé à Vincennes quant à l'ouverture des entonnoirs.

L'explosion ayant eu lieu, le parement de l'escarpe (planche 3, fig. 1, 2, 3) fut enlevé sur 10 à 12 mètres de longueur, un trou fut fait vis-à-vis l'entonnoir; on aperçut un dégagement considé-

rable de vapeurs blanches, mêlées de gaz nitreux; tout le mur était ébranlé, mais il n'y avait pas de brèche.

Dans cette expérience, non-seulement la ligne de moindre résistance et la charge comparative de poudre étaient faibles, comme on l'a remarqué dans l'expérience 2, § 73, mais le coefficient du pyroxyle était aussi trop faible; il fallait probablement le porter à 0,50 comme dans les entonnoirs bien évidés de Vincennes, § 41, page 243. En appliquant ce coefficient à la charge de 60k,00, on aurait obtenu pour le pyroxyle 30k,00 qui eussent été bien suffisants pour faire une brèche.

Expérience n° 9, 1/2 lune 10, gorge. Essayer, pour renverser une escarpe, la valeur du pyroxyle nitré, préparé dans les proportions de 100 de pyroxyle et 80 de nitre.

75. Les conditions de cette expérience, pl. 5, fig. 5,6,7, étaient à peu près les mêmes que celles des deux précédentes, nos 2 et 3. Le coefficient du pyroxyle nitré fixé à 0,50 avait donné une charge de 12k,50 formée de 6k,95 de pyroxyle, 5k,55 de nitre. Le feu ayant été mis, on remarqua dans l'air une bouffée de vapeur rutilante, sur le terrain une fissure dans le sens du rameau, et le long du parement intérieur du mur une autre fissure dont la plus grande largeur était de 1 à 2 centimètres; le mur était lui-même un peu fissuré, il avait sensiblement oscillé, mais était revenu dans sa position; il n'y avait pas de brèche.

Dans ce fourneau, comme dans les précédents, la charge en poudre qui servait de terme de comparaison était évidemment trop faible; et le coefficient du pyroxyle nitré l'était aussi, puisque le résultat était plus faible que dans l'expérience n° 3.

Expérience n° 20, 1/2 lune 11, face gauche. Brèche faite par un fourneau autour duquel on a laissé un vide décuple du volume de la charge en poudre.

76. Ce fourneau était fait dans les mêmes circonstances, pl. 12, fig. 1, 2, 3, que les 3 précédents; on avait conservé la valeur de $h = 2^m,55$ de ces expériences; mais la charge 30 kil. égalait 1 fois 1/4 celle du fourneau en terre ordinaire.

L'explosion ayant eu lieu, il se fit dans la muraille un large trou par lequel les terres s'éboulèrent; le terre-plein fut légèrement fissuré par en haut, plus que dans l'expérience n° 2; mais la brèche n'était pas praticable et l'effet fut évidemment inférieur à celui de l'expérience n° 2, dont la charge était cependant inférieure de 1/4; l'effet du vide a donc été ici plutôt nuisible qu'utile.

L'influence de la forme de la charge, ou du vide dans les mines, ne paraît se montrer que lorsque par là on tend à rapprocher la charge d'une galerie à rompre, comme le faisait le général Chasseloup, § 17. Le manque de temps n'a pas permis de donner suite à la proposition du colonel Piobert,

d'examiner l'effet de la forme des charges sur la forme des entonnoirs.

Expérience n° 21 à la 1/2 lune 11, face gauche. Brèche produite par une charge en pyroxyle non comprimé occupant une chambre pareille à celle de l'expérience n° 20. (Planche 12, fig. 4, 5, 6.)

77. Les conditions étaient encore les mêmes que celles des expériences 2, 3, 9, 20. La hauteur des terres jusqu'au terre-plein était un peu plus forte ; la charge fut portée à 15 kilog. de pyroxyle, en la déduisant de celle de l'expérience n° 20, avec le coefficient $0^m,50$. L'explosion fit céder la maçonnerie dans le bas; mais le haut resta debout. Il n'y avait pas de brèche : le terre-plein en arrière de l'escarpe était moins fissuré que dans l'expérience n° 20; l'effet du vide n'avait pas été plus efficace que dans l'expérience précédente.

Expérience n° 23. Faire brèche à une escarpe en renfermant la charge de pyroxyle dans une forte boîte. (Planche 13, fig. 3, 4, 5, 6, 7.)

77 *bis*. La boîte était formée de quatre épaisseurs de planches clouées les unes sur les autres et sur quatre montants verticaux triangulaires. Elle était reliée dans le sens horizontal par huit tirants en fer, parallèles aux diagonales, et prenant ses côtés au tiers de leur longueur.

On eut quelque difficulté pour manœuvrer la boîte et la mettre à son emplacement.

Les conditions étaient les mêmes que celles de l'expérience n° 21, la ligne de moindre résistance était de $2^m,55$, et la charge 15 kilog. de pyroxyle.

L'effet de l'explosion fut de fendre la maçonnerie sur toute sa hauteur. Une lézarde parallèle à l'escarpe laissa dégager des vapeurs blanches; mais il n'y avait pas de brèche.

En déblayant le rameau on reconnut qu'une chambre à peu près sphérique de 3 mètres de diamètre s'était formée dans les terres, en arrière de la boîte qui était complétement brisée. Ce dernier résultat annonçait une action initiale très forte, mais qui avait été en diminuant rapidement, et il était tout à fait conforme à ceux observés peu auparavant dans les expériences de Vincennes; la boîte avait peut-être augmenté un peu la grandeur de la chambre; mais elle n'avait certainement pas augmenté l'effet de la mine.

Expérience n° 27 au château, planche 16, fig. 1, 2, 3. Brèche à une escarpe en terre.

78. La comparaison faite entre l'effet du fourneau placé derrière une escarpe et le fourneau ordinaire, conduisait à rechercher quel effet ferait un fourneau placé derrière un escarpement vertical ou à talus très raide, taillé dans la terre. Celle de Bapaume se prêtait parfaitement à cet examen parce

qu'on peut la couper sur une grande hauteur sans qu'elle s'éboule. En conséquence, on tailla dans le cavalier du château un tableau de 12 mètres de largeur et de $7^m,40$ de hauteur, avec le talus au 1/6, qui est celui d'une partie des escarpes de Bapaume; on plaça à 4 mètres en arrière, au moyen d'un rameau, 93 kilog. de poudre, correspondant à cette ligne de moindre résistance en terrain horizontal; le feu ayant été mis, le parement de terre se gonfla, à peu près comme celui d'une escarpe en maçonnerie, les terres furent projetées avec force à 8 mètres en avant. La brèche était très praticable, son talus avait 26°, le rayon de son entonnoir était de $6^m,25$, ce qui donnait $n = 1,57$, c'est la plus forte valeur de n trouvée pour les brèches à un fourneau.

Les débris de la brèche lancés horizontalement n'allèrent pas à plus de 8 mètres, c'est-à-dire moins loin horizontalement qu'ils n'auraient été lancés verticalement par un fourneau ordinaire et à plus forte raison par un fourneau surchargé. Cette différence dans l'action de la poudre, selon qu'elle agit contre une masse terminée par un plan horizontal ou vertical, mérite d'être constatée, et on peut croire que ce résultat provient de ce que, dans le cas d'une masse terminée par un plan vertical, l'action initiale des gaz, n'ayant pas à vaincre la pesanteur, détermine un entonnoir plus grand et que les gaz ayant alors à projeter une masse plus

considérable, leur effet sous le rapport de la projection se trouve moindre.

En partant du résultat fourni par l'expérience 27, si on cherche la charge que produirait le fourneau ordinaire dans une terre terminée par un plan vertical au moyen de la formule 6 *bis*, § 53, $\frac{C'}{c'} = \frac{T^3}{t^3}$, en faisant $h = 4^m$ $t = 4$, $T = 6^m,25$ $C' = 93^k$, on trouverait $c' = 93^k \times \frac{4^3}{6,25^3} = 24^k300$.

Si l'on cherche par la même formule la charge qui aurait donné contre une escarpe en terre $n=1,40$ et $T=5^m,60$, on trouve $c' = \frac{93^k \times 5^m,60^3}{6^m,25^3} = 66^k5$. Ces résultats demandent à être vérifiés par des expériences qui décideraient si on peut appliquer aux brèches la formule 6 *bis* comme nous venons de le faire. Il serait nécessaire de tenir compte de ce qu'il y a eu dans l'expérience 27 un peu d'indécision dans la mesure du rayon d'entonnoir $6^m,25$, parce que le tableau découpé en forme d'escarpe n'était pas tout à fait assez grand.

Conclusion des expériences relatives aux brèches à un seul fourneau.

79. En résumé, ces expériences montrent que dans les escarpes de peu de hauteur, 5 à 6 mètres, il faut, pour faire brèche, éloigner les poudres du

parement de l'escarpe, de manière à avoir une ligne de moindre résistance égale au moins à la distance du fond du fossé au terre-plein; que la charge, lorsque les fourneaux sont près du revêtement, doit être portée à une fois et demie au moins celle correspondante au fourneau ordinaire; qu'avec une escarpe en terre de $7^m,40$ de hauteur, une ligne de moindre résistance de 4 mètres et une charge de 93 kilog., on a eu $T=6^m,25$, $n=1,57$, c'est-à-dire des effets qui en terrain horizontal auraient correspondu à une charge trois fois et demie plus forte; que le fourneau ordinaire contre une surface verticale, d'après les résultats de l'expérience 27, n'exigerait que le 1/4, et le fourneau donnant $n = 1,4$ n'exigerait que les 2/3 de la charge du fourneau ordinaire en terrain horizontal. Ces deux conclusions théoriques demanderaient des expériences confirmatives; que le coefficient 0,50 n'est pas trop fort pour le pyroxyle, et qu'il faut aller à 0,60 pour le pyroxyle nitré; que, contraire-

[redacted]

4ᵉ SÉRIE. — BRÈCHES A UN FOURNEAU DANS DES CAS ANALOGUES AUX CONTRESCARPES. (Exp. 7, 6, 65, 32.)

80. Quand le mineur attaque une escarpe par son pied, dans le fossé, il est rare qu'il n'ait pas une assez grande hauteur du côté du terre-plein, et, par conséquent, il ne s'en embarrasse pas; mais quand il se propose de renverser une contrescarpe en venant du chemin couvert par un rameau, il a intérêt pour aller plus vite à s'enfoncer le moins possible, à s'approcher également le moins possible de la contrescarpe; il doit se préoccuper de savoir s'il a, au-dessus de son fourneau, une hauteur de terre *D* assez grande pour ne pas craindre que l'explosion se fasse du côté du terre-plein. Cette hauteur *D* dépend évidemment de la résistance que présentent les maçonneries, de sorte que si elles résistent peu, *D* pourra être égal à la ligne de moindre résistance *h* du côté des maçonneries, et pourra même lui être inférieur. Il fallait demander à l'expérience la solution de cette question qu'on pouvait déjà entrevoir par l'observation de la grandeur des entonnoirs obtenus à Metz et à Montpellier, § 31 et 28. C'est dans ce but qu'ont été entreprises les expériences 7, 6, 25, 32.

Expérience n° 7. Examiner si une charge de terre, au-dessus d'un fourneau, égale à la ligne de moindre résistance du côté des maçonneries, ne suffit pas pour assurer le renversement de celles-ci.

81. La hauteur de l'escarpe de la demi-lune 14

était de $9^m,27$, planche 4, fig. 4, 5, 7, son épaisseur au sommet de $1^m,60$; elle était de $2^m,60$ au niveau du fourneau qui était à $5^m,00$ au-dessus du fond du fossé. Le parement de l'escarpe était en partie tombé, et c'est ce qui réduisait son épaisseur à ces dimensions. Le talus extérieur du mur, qui était primitivement au 1/6, pouvait être considéré en moyenne comme au 1/4 à cause des dégradations, le reste de la maçonnerie en moellons était encore bon.

On arrivait au fourneau comme dans un renversement de contrescarpe par un puits et un rameau. La ligne de moindre résistance du côté des maçonneries était de $4^m,50$, la charge verticale de terre au-dessus était aussi de $4^m,50$. La demi-lune n'avait plus trace de parapet, ce qui rendait son escarpe très comparable à une contrescarpe; il y avait des contre-forts de 2 mètres de queue sur $1^m,10$ d'épaisseur à la racine et à la queue.

La charge de poudre, pour un fourneau ordinaire de $4^m,50$ de ligne de moindre résistance, est de 133 kil.; le fourneau reçut cette charge.

Le feu ayant été mis, l'escarpe fut renversée sur $11^m,20$ de largeur, les débris projetés à 17 mètres, le rayon de l'entonnoir du côté de l'escarpe égalait $5^m,60$, et on avait de ce côté $n = \frac{5^m,6}{4^m,5} = 1,24$. Du côté du terre-plein le rayon de l'entonnoir parallèlement à l'escarpe était de 4 mètres à gauche,

3 mètres à droite et on avait $n = 0,875$; en arrière de l'entonnoir, perpendiculairement à l'escarpe, il avait $1^m,50$ au plus et on avait $n = 0,375$. Le fourneau avait donc joué beaucoup plus du côté de l'escarpe que du côté du terre-plein. L'escarpe avait ainsi moins résisté que la terre horizontale, quoique la ligne de moindre résistance fût égale des deux côtés ; la charge C' nécessaire pour avoir $n = 1,24$ en terrain horizontal serait obtenue par la formule $c' = 1^m,45\ t^3\ (1,05 - 0,05\ n)^3 = 1,45\ (5^m,60)^3\ (1,05 - 0,05 \times 1,24)^3 = 245$ kilog., c'est-à-dire près du double de la charge qui a donné cette valeur de n en agissant contre l'escarpe.

Expérience n° 6. Répétition de l'expérience n° 7 en employant le pyroxyle. (Planche 4, fig. 4, 5, 6 et 7.)

82. L'escarpe et toutes les dispositions préparatoires étaient les mêmes que dans l'expérience n° 7 ; on n'était pas encore fixé sur le coefficient du pyroxyle, parce que les fourneaux d'essai n'avaient pas été faits : le coefficient 0,43 avait été trouvé trop faible dans l'expérience n° 3. On employa le coefficient $0^m,60$, qui avait été trouvé bon à Vincennes pour déblayer l'entonnoir ; on obtint ainsi la charge 80 kilog. = à peu près $133 \times 0,60$.

L'escarpe fut renversée par l'explosion, qui fut accompagnée d'un nuage blanchâtre ; les débris

furent vivement projetés à 22 mètres; la brèche était très praticable avec un talus de 24° à 25°; elle rejoignait la brèche de l'expérience n° 7; le rayon extérieur de l'entonnoir égalait $5^m,80$; il était plus grand que celui $5^m,60$ trouvé dans l'expérience n° 7 chargée en poudre; il correspondait à n = 1,29 : le coefficient 0,60 était donc trop fort. Si par la formule n° 6, § 53, $\frac{C'}{c'} = \frac{T^3}{t^3}$ dans laquelle C' et T c' et t représentent les charges et les rayons des entonnoirs pour des fourneaux surchargés, peu différents, on calcule ce qu'aurait dû être la charge c' du pyroxyle pour que le rayon d'entonnoir fût seulement $5^m,60$ comme dans l'expérience n° 7, on trouve $c' — 80^k \frac{5^m,60^3}{5^m,80^3} = 72^k,500$: et cette charge comparée à celle 133 de l'expérience n° 7 donnerait 0,54 pour le coefficient du pyroxyle, résultat qui se rapproche de celui des fourneaux d'épreuve, expérience n° 15, § 63.

Expérience n° 25. Examiner si une charge de terre, au-dessus du fourneau, égale aux 3/4 de la ligne de moindre résistance, ne suffit pas pour assurer le renversement d'une contrescarpe. (Pl. 15, fig. 1, 2, 3.)

83. La réussite des expériences 6 et 7 dans lesquelles la ligne de moindre résistance était la même du côté des terres que du côté des maçonneries conduisait à celle-ci; car puisque dans ces expériences

l'entonnoir du côté des maçonneries avait été plus grand que du côté des terres, il fallait en conclure qu'on pouvait encore diminuer la ligne de moindre résistance du côté des terres tout en obtenant le renversement des maçonneries. On choisit en conséquence la gorge de la demi-lune 10 qui présentait un vrai mur de contrescarpe sans contre-fort; on prit la ligne de moindre résistance $h = 4^m,5$ du côté des maçonneries, et on plaça le fourneau de manière que la distance D du fourneau au terre-plein fût de $3^m,37$; le mur avait $1^m,20$ d'épaisseur au sommet, $2^m,40$ à la base, 4 mètres de hauteur; les grès du soubassement sur $0^m,20$ d'épaisseur et $0^m,40$ de hauteur étaient enlevés. On chargea de 133 kilog. correspondant à $h = 4$,50 en terrain ordinaire; on était arrivé au fourneau, comme dans les contrescarpes, par un puits et un rameau.

L'explosion ayant eu lieu, la terre fut fortement projetée, l'escarpe renversée, la brèche très praticable. Le rayon T de l'entonnoir du côté de l'escarpe était égal à $5^m,50$ correspondant à $n = 1,24$; c'était encore le rayon d'un fourneau surchargé. Le rayon de l'entonnoir du côté du terre-plein avait sensiblement la même valeur : le fourneau était très bien évidé. On avait donc trouvé le point où les maçonneries d'escarpe résistent autant que les terres horizontales. Il correspondait à un fourneau placé par rapport aux terres et aux maçonneries

de telle sorte que la hauteur de terre au-dessus de lui fût sensiblement les 34 de sa distance au parement de l'escarpe.

Expérience n° 32 (pl. 18, fig. 8, 9, 10). Examiner si une hauteur D de terre au-dessus du fourneau, égale à la moitié de la ligne de moindre résistance, mesurée par rapport au parement de la contrescarpe, ne suffit pas pour assurer le renversement de celle-ci.

84. L'expérience n° 25 conduisait à essayer si on ne pourrait pas diminuer la valeur de D et la réduire à $D = 1/2\ h$; mais comme il aurait fallu dans ce cas une charge du côté du terre-plein égale à huit fois celle du fourneau ordinaire et qu'on aurait eu une très forte projection, on renonça à faire l'expérience à la gorge de la demi-lune 10, parce que cette projection aurait été dirigée sur la ville de Bapaume.

L'expérience n° 27 avait appris que l'effet d'un fourneau contre des terres verticales était analogue, quoiqu'un peu plus forte, à celui d'un fourneau contre des maçonneries; on résolut de faire l'essai de $D = 1/2\ h$ à Arras dans une contrescarpe en terre. En conséquence, dans une contrescarpe de 4 mètres de hauteur, on tailla un talus au 1/6, derrière lequel on plaça un fourneau à 2 mètres de profondeur au-dessous du terre-plein et à 4 mètres de distance du parement. On arrivait au fourneau par un puits et un rameau. La charge 93 kilogrammes était celle qui correspondait au four-

neau ordinaire de 4 mètres de ligne de moindre résistance.

L'explosion eut lieu avec une gerbe de 20 mètres de hauteur du côté du terre-plein ; en même temps les terres du parement de la contrescarpe furent fortement projetées jusqu'à 100 mètres ; l'entonnoir fut fortement déblayé au-dessous de la boîte aux poudres. La brèche avec un talus de 19° était très praticable ; le rayon de l'entonnoir du côté du terre-plein était de $4^m,20$; c'est à très peu près celui qu'on aurait eu si toute l'explosion s'était faite de ce côté. Le rayon de l'entonnoir du côté de la contrescarpe était de $4^m,40$, c'est-à-dire encore un peu supérieur à celui $4^m,20$ obtenu du côté du terre-plein et donnant $n = 1,10$. Il est probable qu'une contrescarpe en maçonnerie aurait aussi été renversée, mais avec un rayon d'entonnoir moindre.

Résumé et conclusion des expériences 7, 6, 25 et 32.

85. En résumé il résulte des expériences 7, 6, 25 et 32 que le renversement des contrescarpes aura toujours lieu quand la distance du fourneau au terre-plein sera égale, ou les trois quarts et même peut-être la moitié de la ligne de moindre résistance du côté des maçonneries ; que dans les expériences 7 et 25 on a $n = 1,24$, dans celle n° 6, $n = 1,20$, et dans celle n° 32, $n = 1,10$; cette

dernière valeur a été obtenue dans une escarpe en terre et par conséquent serait inférieure à ce chiffre si le fourneau avait été placé contre des maçonneries.

En comparant dans les expériences 6 et 7 le pyroxyle à la poudre, on voit que le coefficient 0,60 est trop fort et doit être réduit à 0,50 environ.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME NEUVIÈME DE LA 3e SÉRIE.

N° 1.

Nº 2.

N° 4.

CHAPITRE PREMIER.

Pages.

N° 5.

N° 6.

FIN DE LA TABLE DU IXe VOLUME DE LA 3e SÉRIE.

Imprimerie de G. Gratiot, rue de la Monnaie, 11.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

Paris. — Typ. de H. V. de Surcy et Cie, rue de Sèvres, 37.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES

ET DE L'ÉTAT-MAJOR,

PUBLIÉ

SUR LES DOCUMENTS FOURNIS PAR LES OFFICIERS DES ARMÉES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES,

PAR

J. CORRÉARD,
Ancien ingénieur.

TOME X. — 3e SÉRIE.

PARIS,
LIBRAIRIE MILITAIRE, MARITIME ET POLYTECHNIQUE
DE J. CORRÉARD,
LIBRAIRE-ÉDITEUR ET LIBRAIRE-COMMISSIONNAIRE,
Rue Christine, 1.

1851

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

DE LA GUERRE

Par le Général Charles de CLAUSEWITZ,

Traduction de M. le major d'artillerie NEUENS.

EMPLACEMENT DES PLACES FORTES.

Après avoir traité de la destination des places fortes, nous allons nous occuper de leur emplacement. Au premier aspect la question paraît extrêmement complexe, à raison de la diversité des destinations, dont chacune est en outre modifiée par les rapports locaux. Mais cette apparence perd son fondement si nous nous bornons à ce que la question contient d'essentiel, en nous gardant de subtilités oiseuses.

Il est clair que toutes ces conditions diverses se trouvent satisfaites en même temps, lorsque, dans la partie du pays considérée comme théâtre de la guerre, on fortifie les villes les plus considérables et les plus riches, situées sur les grandes voies de communication qui relient les états, et surtout celles situées

sur les ports, les golfes, les grands fleuves et les chaînes de montagnes. Les grandes villes et les grandes routes vont toujours de pair, et se trouvent en rapports naturels d'affinité avec les grands fleuves et les côtes ; voilà donc quatre conditions qui se concilient naturellement et ne se trouveront guère en opposition. Il n'en est pas de même en ce qui concerne les montagnes, car il est rare qu'on y rencontre de grandes villes. Ainsi, lorsque la position et la direction d'un système de montagnes le désigne comme ligne de défense, il devient nécessaire d'en intercepter les routes et les défilés au moyen de petits forts uniquement destinés à cela, et qu'on construit le plus économiquement possible, tandis que les grands travaux de fortification doivent être réservés exclusivement pour les grandes villes situées en plaine.

Jusqu'à présent nous n'avons pas eu égard à la frontière, nous n'avons rien dit de la forme géométrique de la ligne de places fortes, rien des autres conditions géographiques de leur emplacement. La raison en est que nous considérons les conditions ci-dessus comme les plus essentielles ; nous croyons même que dans beaucoup de cas, et notamment dans les petits états, ces conditions seules suffiront. Sans doute d'autres considérations peuvent être admises et même devenir nécessaires ; par exemple, dans un pays d'une grande étendue, soit qu'il possède un très-grand nombre de villes et de voies de

communication considérables, soit qu'au contraire il n'en ait presque pas; ou bien encore dans un pays très-riche qui a déjà beaucoup de places et qui a besoin d'en ajouter de nouvelles; ou bien dans le cas inverse, c'est-à-dire dans un pays pauvre qui est obligé de se contenter de peu de fortifications. Bref, dans tous les cas où le nombre des places fortes ne coïncide pas à peu près avec celui des villes et des voies de communication importantes qui s'offrent naturellement, partout où ce nombre est beaucoup plus grand ou plus petit, de nouvelles considérations peuvent acquérir de l'influence. Nous allons leur accorder un coup d'œil.

Les questions principales qui restent sont :

1° Le choix de la route principale, lorsque les deux pays sont reliés par plus de routes qu'on ne veut en fortifier.

2° Si les places fortes doivent être situées exclusivement sur la frontière, ou si elles doivent être répandues sur toute la surface du pays.

3° Si elles doivent être distribuées uniformément ou réunies par groupes.

4° Quelles sont les données géographiques de la contrée auxquelles il convient d'avoir égard.

On pourrait, à la vérité, faire encore plusieurs questions relatives à la forme géométrique des lignes de places fortes. On pourrait demander s'il convient d'établir une ou plusieurs lignes successives, c'est-à-dire si elles produisent plus d'effet étant l'une der-

rière l'autre que l'une à côté de l'autre, s'il faut les disposer en échiquier, en ligne droite ou brisée, présentant des saillants et des rentrants, comme les ouvrages de fortification eux-mêmes, etc. Mais les considérations de cette espèce ne sont à nos yeux que de vaines subtilités et tellement insignifiantes, que vis-à-vis des conditions essentielles il n'en sera jamais sérieusement question. Nous ne les avons même mentionnées que parce que dans beaucoup de livres ces niaiseries non-seulement se sont produites, mais ont conquis une importance qui ne leur est pas due.

Revenons à nos questions.

Quant à la première, nous n'avons, pour l'éclaircir, qu'à citer l'Allemagne méridionale dans sa situation à l'égard de la France, c'est-à-dire du Haut-Rhin. Représentons-nous cette étendue de pays comme un seul tout dont le système de défense doit être déterminé stratégiquement, abstraction faite de sa division en états différents. Nous nous trouvons, de prime abord, dans une grande incertitude, car il y a une multitude de routes magnifiques qui mènent du Rhin dans l'intérieur de la Franconie, de la Bavière et de l'Autriche. Il est vrai qu'il ne manque pas de villes qui s'y font remarquer au milieu des autres par leur importance, telles que Nuremberg, Wurzbourg, Ulm, Augsbourg, Munich ; mais si on ne veut pas les fortifier toutes, il faut faire un choix entre elles. D'ailleurs, si l'on admet

même avec nous, que la condition essentielle est de fortifier les villes les plus importantes et les plus riches, on sera forcé d'avouer cependant que vu la distance entre Nuremberg et Munich, la première doit avoir une signification stratégique tout autre que la seconde. On pourrait donc encore soulever la question de savoir s'il ne conviendrait pas, au lieu de Nuremberg, de fortifier un second point dans les environs de Munich, dût-il être moins considérable comme ville.

En ce qui concerne donc la décision à prendre dans les cas de cette espèce, c'est-à-dire impliquant la réponse à la première question, nous ne pouvons que renvoyer aux chapitres qui traitent du plan général de défense et du choix du point d'attaque. C'est vers le point d'attaque le plus naturel que nous devons de préférence concentrer nos dispositions défensives.

Ainsi, parmi les grandes communications qui existent entre le pays ennemi et le nôtre, nous fortifierons de préférence celle qui conduit le plus directement au cœur de notre état, ou bien celle qui, par la fertilité des provinces qu'elle traverse, ou comme voie navigable, etc., faciliterait le plus les entreprises de l'ennemi.

Nous serons sûrs alors, ou que l'ennemi viendra se heurter à ces fortifications, ou qu'en cherchant à les éviter il nous fournira naturellement les moyens d'agir avantageusement sur son flanc.

Vienne est le cœur de l'Allemagne méridionale,

Ainsi, par rapport à la France seule, et en supposant neutres la Suisse et l'Italie, Munich et Augsbourg seraient, comme places de guerre principales, plus utiles que Nuremberg ou Wurzbourg. Mais si l'on tient compte, en même temps, des routes venant de la Suisse par le Tyrol et de l'Italie, le motif de préférence ci-dessus devient encore plus sensible; car Munich et Augsbourg conserveraient toujours une certaine action sur ces communications, tandis que Wurzbourg et Nuremberg n'en auraient aucune.

Passons à la deuxième question. Il s'agit de savoir si les places fortes doivent être situées exclusivement le long des frontières, ou répandues sur toute la surface du pays. Nous remarquerons d'abord que dans les petits états cette question est superflue, puisque ce qu'on peut appeler stratégiquement frontière comprend à peu près tout le territoire. Plus l'état dont il s'agit est grand au contraire, plus l'utilité de la question devient évidente.

La réponse la plus naturelle est : Les places fortes doivent être à la frontière, car leur objet est de défendre l'état, et l'état est défendu tant que les frontières le sont. Cette conclusion peut passer du reste comme généralité; mais elle souffre des restrictions très-considérables, ainsi que le feront voir les réflexions ci-après.

Toute défense basée principalement sur le secours étranger, attache surtout du prix au temps qu'elle peut gagner. Elle consiste moins en une réaction

prompte et vigoureuse, qu'en procédés lents, devant amener plutôt des délais qu'un affaiblissement immédiat de l'ennemi. Or, il est dans l'ordre naturel que toutes choses égales, les places fortes répandues sur toute la surface du pays, et renfermant par conséquent entre elles des espaces plus considérables, sont plus lentes à conquérir que si elles étaient accumulées sur une ligne le long de la frontière. De plus, dans tous les cas où il s'agit de vaincre l'ennemi par voie d'épuisement, par la longueur de sa ligne de communication et la difficulté d'exister, c'est-à-dire dans les pays qui peuvent compter principalement sur ce mode de défense, il y aurait contradiction à réunir les dispositions défensives exclusivement à la frontière. Enfin, il faut considérer que, quand les circonstances le permettent, il est de la plus haute importance de fortifier la capitale ; que, d'après nos principes, on doit faire la même chose pour les capitales des provinces et leurs villes principales de commerce ; que les fleuves qui coupent le pays, les chaînes de montagnes et autres obstacles naturels du terrain, procurent l'avantage de lignes de défense nouvelles ; que plusieurs villes demandent à être fortifiées à raison de la force naturelle de leur position ; enfin que tous les établissements militaires, tels que les manufactures d'armes, etc., sont mieux placés dans l'intérieur du pays qu'à la frontière, et méritent bien, vu leur importance, d'être protégés par des fortifications. On voit, d'après cela, qu'il y a toujours plus ou moins de

motifs qui portent à établir des places fortes à l'intérieur, et nous pensons donc que si, dans les états qui possèdent beaucoup de places fortes, on n'a pas tort de distribuer le plus grand nombre le long des fontières, ce serait cependant une grande faute que de ne pas en avoir du tout à l'intérieur. Nous croyons, par exemple, que cette faute existe déjà à un degré marqué en France. Il s'élève des doutes, et non sans raison, lorsque les provinces frontières du pays sont entièrement privées de villes importantes, et que ces villes sont situées plus en arrière. C'est le cas de l'Allemagne méridionale. La Souabe n'a presque pas de grandes villes, tandis que la Bavière en contient beaucoup. Nous ne pensons pas qu'il soit nécessaire d'éclaircir ces doutes une fois pour toutes et par des considérations générales. Pour arriver à une solution, dans ce cas, il faut avoir recours à des motifs tirés de la situation individuelle. Toutefois, nous appellerons l'attention sur l'observation finale de ce chapitre.

D'après la troisième question, il s'agit de savoir s'il est plus avantageux de disposer les places fortes par groupes que de les distribuer uniformément. Si l'on réfléchit à toutes les conditions, on trouvera que cette question doit rarement se présenter. Cependant, nous ne voudrions pas pour cela la ranger parmi les subtilités oiseuses; car il est vrai qu'un groupe de 2, 3 ou 4 places fortes, qui ne sont éloignées que d'une couple d'étapes d'un centre commun, communique une telle force à ce point et à l'armée

qui l'occupe, que, dans le cas où les autres conditions le rendraient possible, on serait fortement tenté de se former un tel bastion stratégique.

Le dernier point concerne les autres rapports géographiques de l'emplacement à choisir. Sur la côte, sur les fleuves et les grandes rivières et dans les montagnes, les places fortes sont doublement utiles; c'est ce que nous avons déjà mentionné comme appartenant aux considérations principales. Mais il reste encore bien d'autres points à considérer.

Si une place ne peut pas être établie sur un fleuve, il vaut mieux qu'elle n'en soit pas trop rapprochée, mais à une distance de 12 à 16 lieues. Quand le fleuve coupe la zone d'action, il la neutralise sous tous les rapports indiqués plus haut (1).

Il n'en est pas de même lorsque l'obstacle est un système de montagnes, car celui-ci ne restreint pas au même degré que le fleuve, le mouvement de petites ou de grandes subdivisions sur certains points. Mais au bas du versant dirigé vers l'ennemi, l'emplacement serait mal choisi pour une place forte, parce qu'elle serait trop difficile à secourir. Si, au contraire, la place est située en deçà des montagnes, le siége en devient très-difficile à l'ennemi, parce que les montagnes traversent alors sa ligne de com-

(1) Philisbourg est le type d'une place mal située. On pourrait la comparer à une personne myope qui se placerait avec le nez contre le mur. (*Note de l'auteur.*)

munication. On n'a qu'à se rappeler Olmütz en 1758.

Des forêts et des marais vastes et inaccessibles donnent lieu aux mêmes conséquences que les fleuves ; c'est ce qu'il est inutile de développer.

On a souvent demandé si des villes situées dans une contrée très-difficile étaient avantageuses ou désavantageuses comme places de guerre. Elles sont moins coûteuses à fortifier et à défendre ou peuvent, à frais égaux, être rendues beaucoup plus fortes, souvent même inexpugnables ; d'ailleurs les services que rend une place sont toujours plus passifs qu'actifs ; il semble donc qu'on ne doive pas attacher trop d'importance au reproche qu'on leur adresse d'être faciles à enfermer.

Jetons encore un coup d'œil rétrospectif sur le système simple de fortification territoriale que nous venons d'exposer. Nous croyons pouvoir affirmer qu'il se fonde sur des données larges, durables et en rapport immédiat avec la base fondamentale de l'Etat. Par conséquent, il ne s'y trouve aucune de ces idées qui n'ont d'autre fondement que quelque engouement passager; il n'y a aucune de ces prétendues finesses stratégiques, aucune de ces maximes basées sur quelque besoin exclusif du moment, et qui peuvent entraîner à des fautes irréparables en fait de fortifications destinées à durer un demi-siècle et peut-être davantage. La place de Silberberg en Silésie, que Frédéric II a bâtie sur une des crêtes des Sudètes, a presque entièrement perdu son uti-

lité par suite du changement des circonstances. Si Breslau, au contraire, avait été une bonne place de guerre et l'était restée, sa signification ne lui aurait pu être enlevée dans aucune circonstance. Cette place aurait servi contre les Français aussi bien que contre les Russes, les Polonais et les Autrichiens.

Notre lecteur n'oubliera pas que ces considérations ne sont pas établies dans la supposition qu'un état voudrait s'armer à neuf de tout un système de fortifications. Alors elles seraient inutiles, pareille chose n'arrivant que rarement ou jamais. Mais elles deviennent toutes nécessaires, lors même qu'il ne s'agit que d'établir une seule place.

—

POSITIONS DÉFENSIVES.

Toute position dans laquelle nous acceptons la bataille en tirant parti du terrain comme élément de défense, est une position défensive. Que nous fassions dominer la défensive ou l'offensive, durant le combat même, cela n'y fait aucune différence. Ceci est déjà une conséquence de nos vues générales sur la défense (1).

(1) Cette définition ne paraît pas très-exacte. Il est probable que l'auteur a voulu dire : *Toute position choisie dans l'intention d'y accepter la bataille, en tirant parti du terrain comme élément de défense, est une position défensive.* Telle qu'elle est dans le texte, la définition s'applique à toute posi-

Maintenant, on pourrait aussi donner ce nom à toute position dans laquelle une armée, marchant à la rencontre de l'ennemi, accepterait la bataille si ce dernier venait l'y chercher. C'est ainsi qu'au fond la plupart des batailles ont lieu, et, durant tout le moyen âge, il n'a été question d'autre chose. Mais ce n'est pas de ce genre de position que nous parlons ici, car la plupart des positions sont de cette catégorie. L'idée de *la position*, conçue en opposition avec celle du *camp de marche*, rendrait déjà suffisamment ce sens. Une position qu'on appelle *défensive*, doit donc encore satisfaire à d'autres conditions.

Evidemment dans les combats qui se décident dans une position ordinaire, c'est l'idée du temps qui domine ; les armées vont à la rencontre l'une de l'autre pour arriver à la solution ; le lieu de cette solution est d'une importance secondaire ; on demande seulement que ce lieu convienne au but. Mais dans la position défensive proprement dite, c'est l'idée du *lieu* qui prédomine. On veut que la décision se réalise en ce lieu, et même principalement *à l'aide* de ce lieu. C'est de cette position qu'il est question ici.

---

tion dans laquelle on accepte le combat, puisqu'il est à supposer qu'on tire toujours, autant que possible, parti du terrain. L'auteur restreint du reste immédiatement sa définition en y ajoutant des caractères supplémentaires.

(*Note du traducteur.*)

L'influence du lieu sera double. Elle est stratégique, en ce que le point du théâtre de la guerre, sur lequel on établit une force armée, exerce une influence sur l'ensemble des opérations de la campagne. Elle est tactique en ce que le terrain même de la position protége cette force et en rehausse l'action.

A la rigueur, ce n'est que de l'influence tactique du lieu que dérive le nom de position défensive; car l'influence stratégique, qui fait que la force établie en ce lieu défend le pays par sa présence, s'applique également à une bataille offensive.

L'effet stratégique d'une position ne ressortira dans tout son jour que dans la suite, lorsque nous traiterons de la défense du théâtre de guerre. Pour le moment, nous ne le développerons qu'autant que nous le pouvons dès à présent. A cette fin, nous devons examiner de près deux idées qui ont de l'analogie et qu'on confond même souvent, savoir : tourner une position et passer à côté d'une position.

Le mouvement pour tourner une position est relatif au front de cette position, et il a pour but une attaque sur le flanc ou à dos, ou bien il est destiné à intercepter la ligne de retraite et de communication.

Le premier but, c'est-à-dire l'attaque en flanc ou à dos, appartient à la tactique. De nos jours, la mobilité des troupes est devenue très-grande, et

tous les plans de combat tendent plus ou moins à faire tourner ou envelopper l'ennemi. Toute position doit donc répondre à cette éventualité, et pour qu'elle puisse être considérée comme forte, il faut qu'outre un front avantageux, elle présente, si elle peut être menacée en flanc et à dos, des relations favorables de combat dans ces directions. Ainsi, en *tournant* une position dans le but d'attaquer en flanc ou à dos, on n'en détruit pas l'efficacité ; la bataille qui a lieu dans ce cas n'est qu'une conséquence de la signification de la position, et doit procurer au défenseur les avantages que cette position pouvait lui assurer.

Si l'agresseur tourne la position avec le dessein d'agir sur la ligne de retraite et de communication, le mouvement est stratégique, et tout revient alors à la question de savoir combien de temps la position peut supporter les effets de cette opération, ou si elle n'offre pas le moyen de rendre le mal avec usure à l'ennemi. Dans les deux cas, cela dépend de la situation stratégique du point, c'est-à-dire principalement du rapport entre les deux lignes de communication. Toute bonne position défensive doit assurer, sous ce rapport, l'avantage au défenseur. Quoi qu'il en soit, dans ce cas aussi l'effet de la position n'est pas détruit, puisqu'en forçant l'adversaire à s'en occuper ainsi, elle neutralise ses forces.

Mais lorsque l'agresseur, sans s'occuper de la présence de la force armée qui l'attend dans la position

défensive, marche à son but en prenant un autre chemin, il *passe outre ;* et s'il peut faire cela impunément, il force le défenseur à quitter immédiatement sa position, dont l'influence se trouve par conséquent anéantie.

Il n'existe presque pas de position à côté de laquelle on ne puisse passer, dans le sens absolu du mot ; car les cas comme celui de l'isthme de Pérecop sont si rares, qu'on ne doit guère y avoir égard. Lors donc qu'on parle de l'impossibilité de passer outre, on sous-entend que l'agresseur s'exposerait à trop d'inconvénients en le faisant. Nous verrons au chapitre XXVII en quoi consistent ces inconvénients ; ils peuvent être grands ou petits ; mais ils sont en tout cas l'équivalent de l'effet tactique non réalisé qu'aurait produit la position, et remplissent par conséquent, aussi bien que ce dernier, le but de la position défensive.

De ce que nous avons dit jusqu'à présent, ressortent deux propriétés stratégiques de la position défensive.

1° On ne doit pas pouvoir passer à côté d'elle ;

2° Dans la lutte pour les lignes de communication, elle doit assurer des avantages au défenseur.

Maintenant nous devons encore ajouter deux autres propriétés stratégiques, savoir :

3° Que le rapport des lignes de communication doit aussi influer favorablement sur la forme du combat.

4° Que l'influence générale de la contrée soit propice.

En effet, le rapport qui existe entre les deux lignes de communication n'influe pas seulement sur la possibilité de passer à côté d'une position et de lui couper les vivres, mais aussi sur toute la marche de la bataille. Lorsque la ligne de retraite est oblique, l'agresseur tournera plus facilement la position par un mouvement tactique, tandis que les mouvements du défenseur sont paralysés dans la bataille. Mais cette obliquité du front, par rapport à la ligne de retraite, n'est pas toujours une faute tactique; elle résulte souvent de ce que le point stratégique n'est pas bien choisi. Ainsi, il est, par exemple, impossible de l'éviter quand la route change de direction dans les environs de la position (bataille de la Moskowa, 1812); dans ce cas, la direction naturelle de l'agresseur tend à nous tourner, *quoiqu'il conserve son front perpendiculaire à sa ligne de retraite.*

Lorsque l'agresseur dispose de beaucoup de chemins pour opérer sa retraite, tandis que nous sommes réduits à un seul, il a pour lui l'avantage d'une liberté tactique beaucoup plus grande. Dans tous ces cas, l'art tactique du défenseur a beau faire, il ne réussira pas à surmonter l'influence fâcheuse due à la faute stratégique.

Quant à ce qui concerne enfin le quatrième point, il est à remarquer que les caractères généraux du terrain peuvent exercer une influence si défavo-

rable, que le soin le plus minutieux dans le choix de la position et l'art tactique dans sa plus haute expression sont hors d'état de la compenser. Voici ce qu'il y a d'essentiel à signaler sous ce rapport.

1° Le défenseur doit surtout chercher à se procurer l'avantage d'une vue plongeante et générale sur son adversaire, et de pouvoir, dans l'intérieur de sa position, se jeter promptement sur lui. Ce n'est donc que là où la difficulté de l'accès s'allie aux deux avantages que nous venons de citer, que le terrain est favorable de préférence au défenseur.

Par conséquent, les points qui se trouvent sous l'influence d'un terrain dominant lui sont désavantageux, ainsi que les suivants : toutes, ou à peu près toutes les positions dans les montagnes, dont il sera encore spécialement question dans les chapitres traitant de la défense des montagnes ; toutes les positions appuyées par un flanc aux montagnes ; car s'il est vrai qu'elles rendent difficile à l'agresseur de *passer outre*, elles se laissent par contre facilement *tourner ;* toutes les positions qui ont des montagnes près et en avant de leur front ; et en général toutes celles qu'il est facile de déduire de la comparaison des conditions posées ci-dessus et des divers accidents que peut présenter le terrain en général.

Parmi les avantages inverses de tous les inconvénients qui précèdent, nous ne ferons ressortir qu'un cas, celui où la position a des montagnes derrière elle. Il en résulte des avantages si nombreux qu'on

peut admettre une telle situation comme pouvant fournir en général les meilleures positions défensives.

2° Le terrain peut convenir, plus ou moins, au caractère de l'armée et à sa composition. Une cavalerie très-supérieure nous fait avec raison rechercher les terrains découverts. S'il y a insuffisance en cavalerie, et peut-être aussi en bouches à feu, et qu'on a une infanterie aguerrie, courageuse, connaissant bien le pays, on préfère tirer parti des terrains très-difficiles et très-coupés.

Quant aux rapports tactiques entre le terrain d'une position défensive et les forces armées, nous n'avons pas à nous en occuper en détail; le résultat intégral seul nous intéresse, car il constitue une grandeur stratégique.

Une position dans laquelle une armée doit attendre d'une manière absolue l'attaque de l'ennemi, doit incontestablement présenter de grands avantages du terrain, pouvant être considérés comme des coefficients qui affectent la force de cette armée. Là, où la position est naturellement forte, mais pas assez, suivant nos désirs, nous avons recours à la fortification de campagne. De cette manière il n'est pas rare que des parties isolées deviennent *inattaquables*, il n'est même pas très-extraordinaire de voir toute la position devenir *inattaquable*. Dans ce dernier cas la nature de la mesure est évidemment modifiée. Le but n'est plus d'amener une bataille dans

des conditions avantageuses, et d'obtenir le résultat de la campagne à l'aide des conséquences de cette bataille ; mais ici le but est d'obtenir le résultat sans bataille. En tenant nos forces armées dans une position inexpugnable, nous refusons absolument la bataille, et nous poussons l'ennemi vers d'autres voies décisives.

Nous devons donc nettement distinguer les deux cas, et nous nous occuperons du deuxième dans le chapitre suivant sous la rubrique : *Position forte*.

Mais la position défensive dont il s'agit ici ne doit être qu'un champ de bataille, présentant des avantages marqués au défenseur. Or, pour qu'elle puisse devenir un champ de bataille, il ne faut pas que ces avantages soient exagérés. Quel est le degré de force que peut avoir sans inconvénient une telle position? Evidemment elle pourra en avoir d'autant plus que l'adversaire sera plus résolu. Cela dépend donc de l'appréciation du cas individuel. Vis-à-vis d'un Napoléon, on peut et l'on doit s'abriter derrière des obstacles plus forts que vis-à-vis d'un Daun ou d'un Schwarzenberg.

Si certaines parties d'une position sont inattaquables, par exemple le front, cela constitue un des éléments de la force générale de la position ; car les troupes qu'on peut retirer de ces points, peuvent être employées sur d'autres. Cependant nous ne pouvons nous dispenser de faire observer, qu'en écartant l'ennemi de ces parties inattaquables, ou

amène une modification complète dans la forme de son attaque; il s'agit donc de savoir avant tout, si cette modification coïncide avec nos intérêts.

Prendre position, par exemple, derrière une rivière considérable, tellement près qu'elle puisse passer pour renforcer le front, cela revient en définitive à prendre la rivière pour point d'appui d'un des flancs; car l'ennemi est naturellement obligé d'opérer son passage en aval ou en amont, pour venir nous attaquer en changeant son front. De telles positions ont déjà réellement été choisies. Tout revient à savoir quels sont les avantages ou les inconvénients de la relation de combat qu'elles impliquent.

D'après notre manière de voir, une position défensive s'approchera d'autant plus de son idéal, que sa force sera plus cachée, et que celui qui l'occupe y aura plus de moyens de surprendre l'ennemi par des combinaisons de combat imprévues. De même qu'on cherche à cacher à l'adversaire la force de son armée et la vraie direction de sa puissance, de même on doit chercher à lui dérober les avantages que l'on compte tirer des accidents du terrain. Naturellement cela n'est possible que jusqu'à un certain point, et cela exige peut-être une étude et des soins peu tentés jusqu'ici.

La proximité d'une place de guerre considérable, dans quelque direction qu'elle soit située, fait gagner à toute position un grand avantage sur l'ennemi

quant à la liberté des mouvements et l'emploi des troupes. L'emploi bien raisonné de quelques ouvrages de campagne peut obvier au défaut de force naturelle de certains points, et peut servir à déterminer d'avance et à volonté le cadre fondamental du combat. Voilà pour les moyens artificiels. Si l'on y ajoute un choix rationnel de ceux des obstacles du terrain qui entravent l'action des forces ennemies, sans la rendre impossible; si l'on cherche à tirer parti de ce qu'on connaît à fond le terrain, inconnu à l'ennemi, de ce que l'on peut mieux que lui cacher les mesures qu'on prend, et de ce qu'on a sur lui l'avantage des surprises dans le cours du combat, il peut résulter de tout cet ensemble une influence prépondérante et décisive des détails du terrain, sous la puissance de laquelle l'ennemi se sent succomber sans pouvoir se rendre compte des vraies causes de sa défaite. Voilà ce que nous entendons par une position défensive, et c'est ce que nous considérons comme un des plus grands avantages d'une guerre défensive.

En faisant abstraction des circonstances particulières, on peut admettre qu'un terrain ondulé, ni trop ni trop peu cultivé, présentera en général le plus de positions de cette espèce.

—

POSITIONS FORTES ET CAMPS FORTIFIÉS.

Dans le chapitre précédent nous avons dit qu'une position rendue si forte par la nature et l'art, qu'elle doit être considérée comme inattaquable, sort entièrement de la catégorie des champs de bataille avantageux pour former une spécialité. Nous allons considérer dans ce chapitre les propriétés de ces positions, et à cause de leur analogie avec les places fortes, nous les appellerons *positions fortes*(1).

Ces positions ne s'obtiennent pas facilement avec des retranchements seuls, à moins qu'il ne s'agisse de camps retranchés appuyés sur des places fortes. Il est encore plus rare que les obstacles naturels seuls suffisent pour produire une position forte. En général il faut le concours de la nature et de l'art, et c'est pourquoi on les désigne fréquemment par les

---

(1) Une *position forte* sera donc toute autre chose qu'une *forte position*. (*Note du traducteur.*)

noms de positions retranchées ou camps retranchés. Toutefois ces derniers noms peuvent s'appliquer à toute position plus ou moins fortifiée au moyen d'ouvrages de campagne, n'ayant rien d'autre de commun avec les positions dont nous nous occupons spécialement ici.

Le but d'une position forte est donc de rendre inattaquables les troupes qu'on y établit, soit qu'il s'agisse de protéger réellement et *directement* un certain espace, soit qu'il ne s'agisse que de la conservation de la *force armée* établie dans cet espace ; et dans ce dernier cas cette force doit protéger le pays par quelque voie indirecte. Le premier cas était celui des lignes en usage dans les anciennes guerres, et telles qu'il en existait notamment sur la frontière française. Dans le second cas, la position fait face dans tous les sens, comme les camps retranchés appuyés aux places fortes.

Quand le front d'une position est rendu inattaquable, au moyen de retranchements et autres obstacles, l'ennemi est obligé de le tourner et d'entreprendre l'attaque en flanc ou de revers. Afin que cette manœuvre ne fût pas facile, on a cherché pour les flancs de ces lignes des points d'appui, qui leur procuraient réellement une certaine sécurité sous ce rapport. Ainsi les lignes de l'Alsace s'appuyaient d'un côté au Rhin, de l'autre aux Vosges. Plus le front d'une pareille ligne avait d'étendue, plus il était facile d'empêcher qu'on la tournât, car

tout mouvement vers l'un des flancs d'une position entraîne quelque danger pour l'agresseur, et ce danger s'accroît d'autant plus que le mouvement doit dévier davantage de sa direction première et normale. Ainsi un front d'une très-grande étendue et de bons points d'appui, procuraient la possibilité de protéger directement contre l'invasion ennemie une portion considérable de territoire. C'est du moins là la succession d'idées qui avait donné lieu à ces dispositions. C'est là la signification des lignes de l'Alsace, dont l'aile droite s'appuyait au Rhin, et l'aile gauche aux Vosges, ainsi que de celles des Flandres qui avaient 20 lieues de longueur et qui s'appuyaient par la droite à l'Escaut, et par la gauche à la mer.

Là où l'on ne possède pas les moyens d'établir un front aussi étendu et aussi fort, ni d'aussi bons points d'appui, tandis qu'on éprouve le besoin de se maintenir dans la contrée au moyen d'une force militaire bien retranchée, on ne peut se garantir contre les attaques de flanc et de revers qu'en faisant face dans toutes les directions. Ici disparaît donc l'idée d'un espace couvert immédiatement par la position, puisque celle-ci peut n'être considérée que comme un point stratégique. C'est donc la force armée elle-même qui est protégée par la position ; il devient ainsi possible à cette force de maintenir le pays, c'est-à-dire *de se maintenir dans le pays*. Un pareil camp ne peut plus être *tourné*,

c'est-à-dire attaqué en flanc ou à dos comme si ces parties étaient plus faibles ; car il fait front en tous sens et présente partout la même force. Mais rien n'empêche de passer à côté d'un tel camp, et cela beaucoup plus facilement que d'une ligne de retranchements ; car l'étendue du camp peut être considérée comme stratégiquement *nulle*.

Les camps retranchés, appuyés sur les places fortes, font partie en réalité de la classe des positions fortes; car leur destination est de protéger la force armée qui y est réunie. Quant à leur signification stratégique restante, c'est-à-dire sous le rapport de l'emploi de ces forces protégées, ils diffèrent un peu des autres camps fortifiés.

Après ces développements concernant l'origine de ces trois moyens défensifs, nous allons en examiner la valeur, et nous les distinguerons par les noms, *lignes de retranchements*, *positions fortes*, et *camps retranchés près des places fortes*.

1° *Les lignes*. Elles appartiennent à la plus mauvaise variété de la guerre de cordon. L'obstacle qu'elles opposent à l'ennemi est absolument sans valeur, s'il n'est pas défendu par un feu bien nourri. Par elles-mêmes elles ne sont pas un obstacle réel. Or, l'étendue d'une armée qui correspond à un feu aussi efficace, est toujours très-médiocre comparativement à l'étendue du territoire. Les lignes doivent donc être très-courtes, et alors elles ne protégent que peu de territoire, ou bien l'armée ne

pourra pas les défendre réellement sur tout leur développement. Il est vrai qu'on est arrivé à l'idée de ne pas occuper tous les points des lignes, et de se borner à les observer en les défendant au moyen de réserves à ce destinées, de même qu'on peut s'y prendre pour défendre une rivière moyenne. Mais ce procédé est en contradiction avec la nature du moyen. Si les obstacles naturels du terrain sont assez grands pour qu'on puisse se servir de ce mode de défense, alors les retranchements sont inutiles et dangereux; car ce mode de défense n'est pas *local*, c'est-à-dire ne suppose pas le combat combiné avec un obstacle déterminé et fixe, tandis que les retranchements ne sont construits que pour cette défense locale. Mais si l'on considérait les retranchements eux-mêmes comme l'obstacle principal, l'erreur serait plus grande; car il est facile de concevoir quelle est la valeur, comme obstacle, d'un retranchement *qui n'est pas défendu*. Que signifie, en effet, un fossé de 4 à 5 mètres de profondeur et un parapet de 3 à 4 mètres de relief, comme opposés aux efforts collectifs de plusieurs milliers d'hommes, si ceux-ci ne sont pas dérangés par le feu de l'ennemi? En conséquence, lorsque ces lignes ont été courtes, et par conséquent, comparativement bien garnies de troupes, on les a tournées. Lorsqu'au contraire elles ont été longues, et insuffisamment garnies de troupes, on les a facilement forcées de front.

D'après cela comme les lignes enchaînent les

troupes à une défense locale et leur enlèvent toute mobilité, elles constituent un moyen bien mal imaginé à l'égard d'un ennemi entreprenant. Si néanmoins elles se sont maintenues passablement longtemps dans les guerres modernes, la cause du fait réside exclusivement dans le défaut d'énergie de la conduite de la guerre, par suite duquel l'apparence d'une difficulté tenait souvent lieu de sa réalité. Du reste, dans la plupart des campagnes, ces lignes n'ont été employées qu'à une défense subordonnée contre les incursions de partisans. Dans ce rôle elles n'ont pas été entièrement inefficaces; mais il ne faut pas perdre de vue ce qu'on aurait pu effectuer sur d'autres points avec les troupes qui ont été nécessaires pour les garder. Dans les guerres les plus récentes, il n'a pu en être question; aussi n'en voit-on pas de traces. Il est douteux qu'elles puissent jamais reparaître.

2° *Positions fortes.* Ainsi que nous le ferons voir au chapitre XXVII, la défense d'une certaine étendue de territoire subsiste aussi longtemps que la force armée qui y est destinée peut s'y maintenir. La défense ne cesse que lorsque cette force s'éloigne et abandonne ce territoire.

Pour qu'une force armée puisse se maintenir dans un pays attaqué par un adversaire très-supérieur en puissance, elle se renfermera donc dans une position inexpugnable qui la protége contre la trop grande force des armes de l'agresseur.

Des positions de cette espèce doivent, ainsi que nous l'avons déjà dit, faire front dans toutes les directions. Si donc la force armée, qui doit s'y établir, était peu considérable, ce qui est, du reste, en opposition avec la nature du cas supposé, elle occuperait *un espace très-restreint* si elle ne prenait pas plus de place que dans son *ordre tactique ordinaire*. Or , une étendue aussi restreinte présenterait durant le combat tant d'inconvénients, que malgré l'appui de tous les ouvrages de campagne possibles, on ne pourrait pas espérer de résister avec succès à l'attaque de l'ennemi. D'après cela, un camp, qui fait ainsi face de tous les côtés, doit nécessairement avoir un périmètre considérable ; en même temps, ce périmètre doit être à peu près inattaquable. Or, pour lui donner cette force, malgré son étendue, l'art de l'ingénieur ne suffit pas. La condition fondamentale d'une position de l'espèce est donc qu'elle présente des obstacles naturels qui rendent plusieurs parties du périmètre complétement inaccessibles, et entravent considérablement l'accès du reste. Pour pouvoir, par conséquent, employer ce moyen de défense, il faut qu'une telle position se trouve ; là où elle n'existe pas, on ne peut pas y suppléer au moyen de retranchements. Ces considérations ne se rapportent qu'au résultat tactique, car il s'agit d'établir avant tout les conditions d'existence de ce moyen stratégique. Pour nous rendre plus intelligibles, nous renvoyons aux camps de

Pirna, Bunzelwitz, Colberg, Torrès-Vedras et Drissa. Passons maintenant aux propriétés et aux effets stratégiques de ce moyen.

La première condition est naturellement que la subsistance des forces réunies dans la position soit assurée pour quelque temps, c'est-à-dire pour la durée présumée du séjour. Or cela n'est possible que quand la position est adossée à un port de mer, comme Colberg et Torrès-Vedras, ou en communication assurée avec une place de guerre voisine, comme Bunzelwitz et Pirna, ou quand il y a des amas d'approvisionnements, soit à proximité, soit à l'intérieur de la position, comme à Drissa.

Ce n'est que dans le premier cas que cette condition pourra être passablement satisfaite. Dans le second et dans le troisième cas, elle ne le sera qu'à demi, de sorte qu'on peut déjà entrevoir un danger de ce côté. Il est d'ailleurs facile de conclure de ces restrictions, qu'un grand nombre de points, qui conviendraient sous d'autres rapports comme positions fortes, doivent être exclus par suite de cette condition ; par conséquent, les positions convenables sont *rares*.

Pour nous faire une idée exacte de l'effet que peut produire une position forte, des avantages et des dangers qui s'y rattachent, nous devons nous demander ce que l'ennemi pourra entreprendre contre elle.

(A). L'agresseur peut passer à côté de la posi-

tion, la faire observer par un détachement plus ou moins fort et continuer ses entreprises.

Nous devons distinguer ici deux cas, suivant que l'armée principale, ou une partie subordonnée de cette armée s'est retranchée dans la position.

Dans le premier cas, l'agresseur ne peut obtenir un avantage en passant outre, que si, outre l'armée principale du défenseur, il existe un autre objet d'attaque ayant une valeur prépondérante et qu'il soit possible d'atteindre, par exemple, la prise d'une place de guerre, celle de la capitale, etc. De plus, quand même cet objet existe, l'agresseur ne peut le poursuivre que dans le cas où la force de sa base d'opérations et la situation de sa ligne de communication sont telles qu'il n'a pas lieu de craindre un coup sur son flanc stratégique.

Nous pouvons conclure de là que le gros des forces du défenseur peut occuper avec avantage une position forte, mais seulement lorsqu'elle menace le flanc stratégique de l'adversaire d'une manière assez prononcée, pour qu'on puisse être sûr d'avance de le retenir par cette menace sur un point où il ne pourra pas nuire. Le moyen est admissible aussi dans le cas où il n'existerait pas un objet accessible à l'agresseur, pour lequel le défenseur eut lieu d'être inquiet. Mais quand cet objet existe, et que le flanc stratégique de l'ennemi n'est pas suffisamment menacé, il faut ou renoncer à occuper la position forte

ou n'y entrer que pour la forme et en guise d'essai, afin de voir si l'agresseur la prendra au sérieux. Cependant on s'expose alors à ne plus arriver à temps au point menacé, si l'agresseur passe outre sans se laisser déconcerter par cette feinte.

Si la position forte n'est occupée que par une partie subordonnée des forces du défenseur, l'agresseur ne peut jamais manquer d'un objet d'attaque différent, car le gros des forces peut être cet objet. Par conséquent, dans ce cas, l'influence de la position forte se réduit exclusivement à l'effet qu'elle peut exercer sur le flanc stratégique de l'ennemi, et il n'y a alors que cet effet qui puisse constituer sa raison d'être.

(B). Si l'agresseur n'ose pas passer à côté de la position, il peut l'investir régulièrement et en amener la reddition par l'effet de la disette. Mais cela suppose deux conditions ; la première est que la position n'ait pas derrière elle une communication hors de toute atteinte, et la seconde est que les forces de l'agresseur soient suffisantes pour enfermer la position. Si ces deux conditions existent, la position forte peut bien servir à neutraliser les forces de l'ennemi pendant quelque temps, mais le défenseur paie cet avantage par la perte de son armée.

Il suit de là qu'on ne fera occuper une position forte par le gros de son armée que dans les cas suivants :

(AA). Quand le dos de la position est hors de toute atteinte (Torrès-Vedras).

(BB). Lorsqu'on peut admettre que la force numérique de l'ennemi ne sera pas suffisante pour qu'il puisse nous investir régulièrement dans notre camp. Si l'ennemi le tentait avec des forces insuffisantes, nous pourrions sortir du camp et le battre en détail.

(CC). Lorsqu'on peut compter sur une délivrance. Les Saxons furent dans ce cas à Pirna en 1756. Au fond, la même chose eut lieu en 1757 après la bataille de Prague; car Prague devait elle-même passer pour un camp retranché, et le prince Charles ne s'y serait pas laissé enfermer, s'il n'avait su que l'armée de Moravie était en état de le délivrer.

Il faut donc toujours au moins une des trois conditions qui précèdent, pour que le choix d'une position forte pour le gros de l'armée puisse se justifier. On est même obligé d'avouer que les deux dernières de ces conditions commencent déjà à friser un grand danger pour le défenseur.

Mais lorsqu'il s'agit d'un corps subordonné qui peut au besoin être sacrifié dans l'intérêt de l'ensemble, les conditions précitées s'évanouissent. Dans ce cas, il faut se demander seulement si un tel sacrifice peut réellement détourner un mal plus grand. Il est à supposer qu'il en sera rarement ainsi. Toutefois, la situation est concevable. Le camp retran-

ché de Pirna a empêché Frédéric le Grand d'attaquer déjà en 1756 la Bohême. A cette époque, les Autrichiens étaient si peu préparés, qu'il semble que la perte de ce royaume aurait dû s'ensuivre indubitablement. Peut-être en serait-il résulté aussi une perte en hommes plus importante que celle des 17,000 alliés qui capitulèrent dans le camp de Pirna.

(C). Si aucune des possibilités indiquées sous A et B n'existe pour l'agresseur, et si, par conséquent, il est satisfait aux conditions que nous y avons posées pour le défenseur, alors il ne reste évidemment à l'agresseur qu'à se tenir en arrêt devant la position. Peut-être s'étendra-t-il dans le pays autant qu'il pourra en formant des détachements, et, se contentant de cet avantage médiocre et précaire, il attendra de l'avenir la vraie solution de la question de possession définitive du pays. Dans ce cas, la position occupée par le défenseur a complétement rempli sa destination.

3° *Les camps retranchés près des places fortes.* Ainsi que nous l'avons déjà dit, ces camps appartiennent à la classe des positions fortifiées en général, en ce qu'ils n'ont pas pour but la défense du terrain qu'ils renferment, mais la protection d'une force armée contre l'attaque de l'ennemi. Ils ne se distinguent au fond des précédentes, qu'en ce qu'ils forment un tout indivisible avec la place forte, ce qui naturellement leur communique une grande force.

Il en résulte en outre les conséquences spéciales suivantes :

(A). Ces camps peuvent encore répondre au but spécial de rendre le siége de la place impossible ou très-difficile. Ce but peut valoir un grand sacrifice en troupes si la place renferme un port que l'ennemi ne peut pas bloquer. Mais, dans tout autre cas, il serait à craindre que la place ne fût trop tôt réduite par la famine pour valoir le sacrifice d'une masse considérable de troupes.

(B). Les camps retranchés près des places peuvent être disposés pour des corps de troupes moindres que ceux en rase campagne. Quatre à cinq mille hommes peuvent être invincibles sous les murs d'une place, tandis qu'en campagne ils seraient perdus, dussent-ils occuper la position la plus forte du monde.

(C). Ils peuvent servir au rassemblement et à l'instruction des troupes qui ont encore trop peu de consistance pour pouvoir être mises en contact avec l'ennemi, en dehors de la protection des ouvrages d'une place. Telles sont les nouvelles levées, les gardes nationales, les levées en masse, etc.

Ces camps devraient donc être recommandés à raison de leur utilité multipliée, s'ils ne présentaient l'inconvénient tout spécial de nuire plus ou moins à la place forte lorsqu'on ne peut pas les occuper. Ce serait d'ailleurs une condition bien trop onéreuse à remplir que de devoir toujours donner à la

place une garnison assez forte pour suffire en quelque sorte à occuper aussi le camp retranché.

D'après cela, nous sommes tenté de ne les considérer comme recommandables que pour les places des côtes, et de les croire dans tout autre cas plus nuisibles qu'utiles.

Pour la clôture, nous allons résumer notre opinion sur les positions retranchées.

1° On peut d'autant moins s'en passer que le pays est plus petit, qu'il offre moins de latitude à la retraite.

2° Elles sont d'autant moins dangereuses qu'on peut compter avec plus de certitude sur des auxiliaires consistant dans d'autres troupes, dans la mauvaise saison, les soulèvements populaires, la disette des vivres, etc.

3° Elles sont d'autant plus efficaces que l'impulsion élémentaire de l'ennemi est moins énergique.

—

POSITIONS DE FLANC.

Nous consacrons, à la manière des dictionnaires, un article spécial à cette idée qui occupe tant de place dans le cercle des conceptions militaires. Mais c'est uniquement afin qu'on la retrouve facilement ; car nous ne croyons pas que l'expression représente un élément indépendant.

Toute position, destinée à être maintenue, lors

[redacted]

que l'influence exercée sur son flanc stratégique.

La direction du front proprement dit d'une position forte est d'ailleurs parfaitement indifférente ; ainsi elle peut être parallèle au flanc stratégique de l'ennemi comme à Colberg, ou perpendiculaire comme à Bunzelwitz, car une position forte peut être considérée comme faisant front en tous sens.

Mais, étant dans une position qui n'est *pas inattaquable*, on peut aussi avoir l'intention de s'y maintenir, dans le cas où l'ennemi passerait outre. Cela est admissible quand la position se trouve sur un point stratégique présentant des avantages si prépondérants quant à la ligne de retraite et de communication, que non-seulement il peut en résulter une attaque efficace sur le flanc stratégique de l'agresseur, mais que ce dernier voit aussi sa retraite menacée sans pouvoir porter atteinte à la nôtre. Sans cette dernière condition, nous serions exposés à devoir combattre sans retraite possible, puisque nous avons supposé que nous n'occupions pas une position forte, c'est-à-dire inattaquable.

L'année 1806 nous en offre un exemple qui peut jeter du jour sur cette idée. La position que l'armée prussienne a prise sur la rive droite de la Saale pouvait devenir absolument une position de flanc à l'égard de la marche de Napoléon dirigée par Hof. Cela suppose que l'armée prussienne eût fait front à la Saale, pour attendre, dans cette position, les événements ultérieurs.

S'il n'y avait pas eu une si grande disproportion de forces physiques et morales entre les deux armées, si un Daun avait été à la tête des Français, la position occupée par les Prussiens aurait pu produire un effet brillant. Il était impossible de passer outre sans y avoir égard, c'est ce que Napoléon a reconnu lui-même, en se résolvant à l'attaquer; couper la retraite, c'est ce que Napoléon lui-même n'a pu effectuer *complétement;* et cela eût été aussi impossible que de passer outre si la disproportion de forces physiques et morales eût été moindre; car l'armée prussienne était beaucoup moins compromise par un refoulement de son aile gauche que l'armée française ne l'était par un refoulement de la sienne. En dépit même de la disproportion physique et morale des forces armées, un commandement résolu et réfléchi aurait encore procuré à l'armée prussienne de grandes chances de victoire. Rien n'empêchait le duc de Brunswick de prendre le 13 des dispositions telles, que le 14, au point du jour, il eût pu opposer 80 mille hommes aux 60 mille avec lesquels Napoléon passa la Saale près d'Iéna et de Dornbourg. Si cette supériorité numérique et le vallon escarpé de la Saale, que les Français avaient à dos, n'avaient pu procurer une victoire décisive, du moins faut-il avouer que l'on obtenait ainsi un résultat très-avantageux. Or, si malgré ce résultat on ne pouvait arriver à une solution favorable, alors il n'aurait pas encore fallu penser à aucune solution

dans ces environs, mais se retirer plus loin dans l'intérieur afin d'amener d'abord une situation plus avantageuse en se renforçant soi-même et en affaiblissant l'ennemi.

Ainsi la position prussienne sur la Saale, quoique attaquable, pouvait être considérée comme position de flanc à l'égard de la route passant par Hof. Mais, comme toute position attaquable, elle ne possédait pas cette propriété d'une manière absolue. Elle ne devenait position de flanc que dans le cas où l'ennemi n'osait pas l'attaquer.

Ce serait introduire encore plus de confusion dans les idées que d'appeler positions de flanc celles qui ne peuvent même pas être maintenues si l'ennemi passe outre, et d'où, par suite de cela, le défenseur veut se jeter sur le flanc de l'ennemi. En effet, une telle attaque de flanc n'a guère de rapports avec la position elle-même, ou du moins ne dépend pas essentiellement des propriétés de cette position, ainsi que cela a lieu dans l'action sur le flanc stratégique.

En tous cas, il résulte de ce qui précède qu'il ne reste rien de nouveau à établir quant aux propriétés des positions de flanc. Quelques mots seulement concernant le caractère de cette mesure seront placés opportunément ici.

Nous faisons complétement abstraction des positions fortes, parce que nous nous en sommes suffisamment occupé.

Une position de flanc, non inattaquable, est un instrument très-puissant, mais par cela même très-dangereux. Si elle paralyse l'agresseur, on a obtenu un très-grand effet moyennant une faible dépense de force ; on peut la comparer alors à la pression du petit doigt sur le long bras de levier d'un outil acéré. Mais quand l'influence est trop faible, quand l'agresseur ne se laisse pas arrêter, le défenseur a jusqu'à un certain point sacrifié sa retraite ; alors il doit chercher à se dégager en toute hâte et en suivant des détours, ce qui implique des conditions très-fâcheuses, ou bien il s'expose à devoir combattre sans retraite possible. Vis-à-vis d'un adversaire hardi, supérieur en force morale, et qui cherche une solution complète, ce moyen est donc excessivement aventureux et entièrement déplacé, ainsi que l'a prouvé l'exemple de 1806 cité plus haut. Par contre, à l'égard d'un adversaire circonspect et dans les guerres qui se bornent pour ainsi dire à l'observation, c'est un des meilleurs moyens auxquels puisse recourir le talent du défenseur. La défense du Weser par le duc Ferdinand, au moyen d'une position occupée sur la rive gauche, et les positions bien connues de Schmotseifen et de Landshut, en sont des exemples. Toutefois la dernière fait voir en même temps le danger d'une fausse application, par la catastrophe du corps de Fouqué en 1760.

—

DÉFENSE DES MONTAGNES.

Le terrain montagneux exerce une très-grande influence sur la conduite de la guerre. La question a donc une grande importance pour la théorie. Comme cette influence introduit un principe retardateur dans l'action, elle concerne principalement la défense. Nous allons donc nous en occuper ici, sans nous arrêter à l'idée plus restreinte d'une défense de montagnes. En examinant cette question, nous sommes arrivé à des résultats qui, dans maints points, se trouvent en opposition avec l'opinion commune; nous serons, en conséquence, obligé d'entrer quelquefois dans beaucoup de développements.

Commençons par considérer la nature tactique de l'objet, afin d'obtenir le point de départ stratégique.

L'immense difficulté que rencontre la marche des grandes colonnes dans les chemins des montagnes, la force extraordinaire qu'acquiert un petit poste au moyen d'une pente escarpée qui couvre son front, tandis qu'à droite et à gauche des ravins servent de points d'appui aux flancs, voilà sans doute les circonstances capitales qui ont de tout temps fait attribuer si généralement un caractère de force et d'efficacité à la défense des montagnes. Aussi a-t-il fallu, pour en tenir éloignées les grandes masses armées, les obstacles résultant des spécialités de l'armement et de la tactique de certaines époques.

Lorsqu'une colonne gravit une montagne, en serpentant péniblement dans les ravins étroits, et se traîne lentement en avant sur la hauteur, tandis que les artilleurs et les soldats du train fouettent, en jurant et en criant, leurs chevaux haletants par les chemins encaissés et raboteux ; lorsque chaque voiture brisée doit être retirée avec des peines infinies, tandis qu'en arrière tout est encombrement et confusion, tout maugrée et blasphème ; — chacun à ce spectacle se dit alors tout bas : si, en ce moment, l'ennemi paraissait avec quelques centaines d'hommes, il y aurait débâcle complète. De là, les termes des historiens lorsqu'ils parlent de défilés dans lesquels une poignée d'hommes peut arrêter une armée. Cependant, tous ceux qui connaissent la guerre savent ou devraient savoir qu'une telle marche dans les montagnes n'a que peu ou point de rapports avec

l'*attaque* de ces montagnes, et que, par conséquent, on conclut à tort de cette difficulté réelle que celle de l'attaque sera encore plus grande.

La conclusion est naturelle de la part de celui qui n'a pas d'expérience ; il est naturel aussi que l'art de la guerre d'une certaine époque ait été lui-même entraîné dans cette erreur ; car le fait qui y donnait lieu était à peu près aussi nouveau pour l'homme de guerre que pour le profane. Avant la guerre de trente ans, la profondeur de l'ordre de bataille, la grande proportion de la cavalerie, l'imperfection des armes à feu et d'autres particularités, rendaient très-exceptionnel l'emploi des grands obstacles naturels. A cette époque, une défense régulière de montagnes, du moins à l'aide de troupes régulières, eût été à peu près impossible. Mais lorsque l'ordre de bataille s'étendit, lorsque l'infanterie, et dans celle-ci l'arme à feu, prirent l'ascendant, la pensée se dirigea vers les montagnes et les vallées. Cent années s'écoulèrent avant que ces réformes ne parvinssent à leur plus haut degré de perfection, lequel correspond au milieu du XVIII[e] siècle.

La seconde circonstance, c'est-à-dire la grande résistance dont un petit poste devient capable sur un point d'un accès difficile, était encore plus propre à faire exagérer les avantages d'une défense de montagnes. Il suffisait, semblait-il, de multiplier un tel poste par un certain nombre, pour s'élever d'un bataillon à une armée et d'une montagne à un système de montagnes.

Il est certain qu'un petit poste acquiert une grande force en choisissant une bonne position dans les montagnes. Un détachement, qui, en plaine, serait chassé par une couple d'escadrons, et qui n'aurait qu'à se féliciter d'avoir évité, par une prompte retraite, une déroute complète ou la reddition, peut, au contraire, dans les montagnes, déployer une sorte d'outrecuidance tactique, se présenter devant toute une armée et exiger d'elle les honneurs militaires d'une attaque en règle, de démonstrations vers ses flancs, etc. Comment cette résistance devient-elle possible à raison des obstacles de l'accès, des points d'appui des ailes, des nouvelles positions occupées sur la ligne de retraite ? C'est ce que la tactique enseigne. Quant à nous, nous l'acceptons comme résultat d'expérience.

Il était tout naturel de croire qu'un grand nombre de postes semblables établis l'un à côté de l'autre devaient former un front très-fort et à peu près inattaquable. Il ne s'agissait donc plus que d'éviter de se laisser tourner ; à cette fin, on s'étendit à droite et à gauche jusqu'à ce qu'on rencontrât des points d'appui en harmonie avec l'importance de l'ensemble, ou bien jusqu'à ce que l'étendue même de la ligne parût la garantir de pareilles tentatives. Un pays de montagnes se prête particulièrement à des dispositions de ce genre, car il offre un si grand nombre de postes, paraissant de plus en plus beaux, qu'à cause de cela même on ne sait déjà plus où s'arrêter. On finit donc par garnir et défendre, à

l'aide de petites subdivisions, toutes les avenues sans exception dans une certaine étendue des montagnes, et l'on s'imaginait qu'après avoir ainsi occupé une étendue de douze lieues et plus au moyen de 10 à 15 postes isolés, on se trouvait enfin à l'abri du désagrément d'être tourné. Comme ces postes isolés semblaient former une ligne parfaitement continue au moyen des intervalles impraticables qui les séparaient (parce que les colonnes ne peuvent pas quitter les chemins), on croyait avoir enfin opposé un mur d'airain à l'ennemi. Par précaution surabondante, on tenait en réserve quelques bataillons, quelques batteries à cheval et une douzaine d'escadrons. Cette réserve était destinée au cas où, par une sorte de miracle, l'ennemi parviendrait réellement à percer la ligne quelque part.

Personne ne pourra nier que tout cela ne soit historique. On ne pourrait même pas soutenir qu'aujourd'hui nous soyons entièrement affranchis de ces erreurs.

La marche qu'a suivie le perfectionnement de la tactique depuis le moyen âge, avec la force toujours croissante des armées, a contribué également à faire intervenir en ce sens le terrain de montagnes dans l'action militaire.

Le caractère essentiel de la défense de montagnes consiste en ce qu'elle est absolument locale ou passive. Sous ce rapport, la tendance vers la défense de montagnes était très-naturelle avant que les armées

n'eussent acquis leur mobilité actuelle. Les armées étaient devenues de plus en plus grandes, et commencèrent à s'étendre en lignes de plus en plus minces à cause de l'introduction des armes à feu. La formation de ces longues lignes reposait sur beaucoup d'art, et leurs mouvements étaient très-difficiles, souvent impossibles. Ranger en bataille cette machine compliquée, c'était souvent l'œuvre d'une demi-journée; cette opération résumait la moitié de la bataille et elle contenait tout ce qui constitue aujourd'hui le plan de bataille. Cette œuvre une fois achevée, il était difficile d'y faire des modifications à raison de circonstances nouvelles; par conséquent, l'agresseur, qui formait sa ligne de bataille en dernier lieu, pouvait l'établir d'après celle du défenseur sans que ce dernier fût en état de neutraliser cet avantage. L'attaque acquit donc une prépondérance générale, et la défense ne sut compenser cette supériorité qu'en cherchant un abri derrière les obstacles du terrain. Dès lors, elle ne pouvait trouver un obstacle plus universel et plus efficace que le terrain de montagnes. On chercha donc à *combiner* en quelque sorte l'armée avec un grand obstacle du terrain. Ainsi l'armée et le terrain qu'elle occupait formaient un ensemble, une combinaison. Le bataillon défendait la montagne et la montagne défendait le bataillon. C'est ainsi que la défense passive, locale, acquit dans les montagnes un haut degré d'efficacité. Il n'y avait encore, au fond de cela, au-

cun inconvénient majeur ; il est vrai qu'on perdait de sa liberté de mouvement ; mais cette perte était peu de chose, puisqu'on savait peu tirer parti de la mobilité.

Lorsque deux systèmes hostiles agissent l'un contre l'autre, le point faible de l'un ne tarde pas à attirer les coups de l'autre. Si le défenseur s'immobilise en se fractionnant en postes, forts par eux-mêmes et presque expugnables, l'agresseur s'enhardit dans sa mobilité et tourne les postes, parce qu'il n'a plus rien à craindre pour ses propres flancs. C'est ce qui arriva. Bientôt on ne parla plus que de *tourner*; c'était là l'ordre du jour. Pour combattre cette tendance, on donna de plus en plus d'extension aux positions. Cela les affaiblit sur leur front, et l'attaque se retourna brusquement dans l'autre sens ; au lieu de s'étendre pour déborder les flancs, elle concentra ses forces sur un seul point et rompit la ligne. C'est jusque-là environ qu'était arrivée la défense des montagnes dans les guerres les plus récentes.

L'attaque avait donc reconquis un ascendant décisif, et cela par le perfectionnement croissant de la mobilité. C'est dans cette mobilité seule que la défense pouvait chercher un refuge. Or, le terrain des montagnes est opposé par sa nature au principe du mouvement. Il en est donc résulté, si nous pouvons nous exprimer ainsi, une défaite complète pour tout le système de la défense des montagnes, défaite

analogue à celle qu'ont si souvent éprouvée durant les guerres de la révolution les armées engagées dans cette défense.

Mais pour ne pas arracher le grain avec l'ivraie, pour ne pas nous laisser entraîner par le torrent des lieux communs à des assertions qui seraient dans la vie réelle mille fois démenties par la force des choses, nous devons distinguer les effets de la défense des montagnes suivant la nature des cas.

La question principale qui se présente et qui fera jaillir la lumière, c'est de savoir si la résistance qu'on veut réaliser par la défense d'un système de montagnes est *relative* ou *absolue*, si elle ne doit durer qu'un certain temps, ou si elle doit se terminer par une victoire décisive. La résistance de la première espèce est favorisée au plus haut degré par le terrain de montagnes ; ce terrain fournit des éléments très-puissants à cette défense. Pour la défense de la seconde espèce, au contraire, le terrain de montagnes ne convient que par exception.

Dans les montagnes, tout mouvement est lent et difficile ; il exige donc plus de temps en général, et plus d'hommes aussi, s'il a lieu dans la région du danger. Or, la perte de temps et d'hommes, éprouvée par l'attaque, donne précisément la mesure de la résistance effectuée. Par conséquent, tant que la locomotion incombe exclusivement à l'agresseur, le

défenseur jouira d'un avantage marqué ; mais dès l'instant où le défenseur doit employer aussi le mouvement, cet avantage cesse. D'un autre côté, il est dans l'ordre naturel, c'est-à-dire il existe des raisons tactiques qui font que la défense relative peut être bien plus passive que celle qui doit conduire à une solution. La défense relative peut même rester passive jusqu'à la dernière limite, c'est-à-dire pendant toute la durée du combat, ce qui ne peut jamais avoir lieu dans l'autre cas. L'effet retardateur du terrain de montagnes, qui, semblable à un milieu d'une densité supérieure, affaiblit toute action positive, est donc entièrement favorable à la défense locale ou passive.

Nous avons déjà dit que la nature du terrain peut donner dans les montagnes une force extraordinaire à un petit poste. Cependant, quoique ce résultat tactique n'exige pas en général une démonstration plus complète, nous allons donner là-dessus quelques explications. Il faut d'abord distinguer la petitesse relative de la petitesse absolue. Lorsqu'une fraction d'armée d'une grandeur quelconque établit une de ses subdivisions dans une position isolée, il se peut que cette subdivision soit exposée à l'attaque de toute la fraction d'armée ennemie, c'est-à-dire, d'une force supérieure à l'égard de laquelle elle est petite. Dans ce cas, le but ne peut pas être en général une défense absolue, mais une défense relative. Cela est d'autant plus vrai que le poste est plus pe-

tit, comparativement à la troupe dont il est détaché et à la totalité des forces de l'ennemi.

Mais aussi un poste qui est petit d'une manière absolue, c'est-à-dire, qui a affaire à un ennemi d'égale force, et qui, par conséquent, pourrait se permettre une résistance absolue, aspirer à une victoire, se trouvera infiniment mieux à l'aise dans les montagnes qu'une armée, et tirera aussi un meilleur parti que celle-ci des avantages du terrain. C'est ce que nous ferons voir plus loin.

Notre résultat est donc, qu'un petit poste possède une grande force dans les montagnes. On conçoit sans peine combien cela peut être utile dans tous les cas où il ne s'agit que d'une résistance *relative*. Mais l'utilité sera-t-elle également *décisive* pour la résistance absolue d'une armée? C'est ce que nous allons examiner.

Nous demanderons d'abord, s'il est vrai, comme on l'a admis jusqu'à présent, qu'une ligne composée d'une série de ces postes, est proportionnellement aussi forte que chaque poste séparément. Evidemment non. En concluant ainsi, on commettrait nécessairement l'une ou l'autre des deux erreurs suivantes :

D'abord on confond souvent un terrain impraticable avec un terrain inaccessible. Là, où l'on ne peut pas *marcher* en colonne, avec de l'artillerie et de la cavalerie, il est cependant possible, en général, d'*avancer* avec de l'infanterie ; peut-être peut-on y

amener aussi de l'artillerie, car il ne faut pas appliquer l'échelle d'appréciation de la marche aux mouvements forcés, mais courts, qui ont lieu dans le combat. La sûreté des intervalles formant la liaison entre les divers postes repose donc sur une pure illusion, et les flancs de ces postes peuvent être réellement menacés.

La seconde erreur consiste à s'imaginer que les petits postes qui sont très-forts chacun sur son front, auront des flancs également forts, parce qu'un ravin, un escarpement de rochers, etc., sont d'excellents points d'appui pour les flancs d'un petit poste. Mais pourquoi ces points d'appui sont-ils bons? ce n'est pas parce qu'ils empêchent absolument de tourner le poste, mais parce qu'ils attachent à cette opération une dépense de temps et de force en rapport avec les effets du poste. L'ennemi qui veut et doit tourner le poste malgré la difficulté du terrain, parce qu'il est inexpugnable de front, emploiera peut-être une demi-journée pour effectuer cette manœuvre, et ne le pourra même qu'en y sacrifiant des hommes. Maintenant, si le poste reçoit du secours, ou s'il est destiné à ne résister que pendant un certain temps, ou enfin, s'il est capable de tenir tête à l'ennemi, les points d'appui ont rempli leur rôle, et l'on peut dire alors que le poste était fort, non-seulement sur son front, mais aussi sur ses flancs. Mais il n'en est plus de même, lorsqu'il s'agit d'une série de postes, faisant partie d'une po-

sition étendue dans les montagnes. Là, aucune des trois conditions ci-dessus ne se trouve réalisée lors de l'attaque. En effet, l'ennemi attaque avec des forces très-supérieures sur un seul point, le soutien en arrière est insignifiant vis-à-vis de cette attaque, et il s'agit pourtant d'une résistance absolue. Dans de telles circonstances, les appuis des ailes d'un pareil poste ne signifient rien.

Voilà le point faible du système sur lequel l'offensive a dirigé ses coups. L'attaque avec des forces concentrées, et par conséquent très-supérieures, sur un seul point du front, *a provoqué une résistance très-vive pour ce seul point, mais insignifiante pour l'ensemble*. Cette résistance vaincue, toute la ligne était rompue, et le but atteint.

Il résulte de ce qui précède que la résistance *relative* est plus grande dans les montagnes qu'en plaine, qu'elle est proportionnellement la plus grande pour les petits postes, et ne croît par conséquent pas en raison directe des masses.

Ne perdons pas de vue que le vrai but des combats généraux, *la victoire positive*, doit également constituer le but dans une défense des montagnes, lorsque toute l'armée, ou du moins la plus grande partie des forces, y est engagée. Cette considération transforme à l'instant la défense des montagnes en *une bataille défensive dans les montagnes*. Ainsi la forme devient une bataille, ce qui suppose l'emploi de toutes les forces à la destruction de celles de l'en-

nemi, et la victoire devient le but. Le fait, que ce sont des montagnes qu'on défend durant cette lutte, devient secondaire; cette défense n'est plus un but mais un moyen. Or, comment la nature du terrain de montagnes répond-elle au but?

Le caractère de la bataille défensive consiste dans une défense passive sur le front et une réaction énergique et offensive sur les derrières. Or, les montagnes paralysent cette forme de la défense. Il en existe deux causes: D'abord il n'y a pas assez de chemins permettant de se porter rapidement des points en arrière vers le front, et même la rapidité de l'attaque tactique est affaiblie par les inégalités du terrain; ensuite la vue n'y peut pas planer sur la contrée et sur les mouvements de l'ennemi. Le terrain des montagnes procure donc dans ce cas à l'ennemi les mêmes avantages que nous en avions tirés sur notre front, et entrave la meilleure moitié de notre résistance. Un troisième inconvénient vient encore s'ajouter pour le défenseur, c'est le danger d'être coupé. Le terrain de montagnes facilite singulièrement une retraite graduelle, opérée sous la pression que l'ennemi exerce sur tout le front, et il cause aussi une très-grande perte de temps à l'ennemi qui veut nous tourner; mais ces avantages-là ne sont réels que pour autant qu'il s'agisse seulement d'une résistance *relative*, et ils ne s'appliquent en aucune façon au cas d'une bataille décisive, où il s'agit de soutenir la lutte jusqu'à la dernière ex-

trémité. Il est vrai que même dans cette dernière hypothèse, il faudra à l'ennemi un peu plus de temps qu'en plaine pour faire occuper par les colonnes qui nous tournent les points qui menacent ou interceptent notre retraite. Mais aussi lorsqu'une fois ces points sont occupés, il ne reste plus de remède à notre situation. Aucune offensive que nous prenons sur nos derrières ne peut plus chasser l'ennemi des points qui nous menacent, aucune tentative désespérée pour nous faire jour en masse, ne pourra le déloger de ceux qui nous ferment le passage. On pourrait croire qu'il y a là une contradiction. Il peut sembler que les mêmes avantages dont l'agresseur a profité dans son attaque des montagnes, soient assurés aussi au défenseur dans sa tentative de se faire jour. Mais ce serait perdre de vue la différence des circonstances. Le corps qui barre le passage n'a pas mission d'offrir une résistance *absolue;* quelques heures de combat suffiront en général à son but; il se trouve donc dans la situation d'un petit poste. En outre, celui qui cherche à percer ne dispose plus de tous ses moyens de combat; il est plus ou moins désorganisé; il manque de munitions, etc. Ainsi, dans tous les cas, l'espoir de se faire jour est très-faible, et c'est ce danger que le défenseur redoute par-dessus tout. Or, cette crainte réagit sur toute la bataille, elle imprègne toute l'action d'un principe débilitant. Une susceptibilité morbide se fait sentir sur les flancs; chaque

poignée d'hommes que l'agresseur fait figurer sur quelque pente boisée, située sur nos derrières, se convertit pour lui en un nouveau levier, aidant à la victoire.

Ces inconvénients disparaitraient pour la plus grande partie, et les avantages seuls resteraient, si la défense de la montagne se faisait au moyen d'une position concentrée de l'armée sur un vaste plateau de montagne. Dans cette situation on peut concevoir un front très-fort, des flancs très-difficilement accessibles, et en même temps la plus complète liberté des mouvements dans l'intérieur de la position et sur ses derrières. Une telle position compterait parmi les plus fortes qui existent. Mais cette conception est presque illusoire; car quoique la plupart des montagnes soient un peu plus accessibles sur leurs dos que dans leurs berges, la plupart des plateaux des montagnes sont cependant trop petits pour pouvoir servir à un tel usage, ou bien l nom de plateau leur convient plus dans le sens géologique que géométrique.

Les inconvénients d'une position défensive, dans les montagnes, sont bien moindres pour de moindres subdivisions d'armée. La raison en est que ces subdivisions ont besoin de moins de terrain, moins de routes de retraite, etc. Une seule montagne n'est pas une agrégation de montagnes; elle n'en a pas non plus les inconvénients. Plus le corps de troupes

est petit, plus il pourra facilement s'établir sur des crêtes ou monts isolés, sans être obligé de s'engager dans le dédale de gorges abruptes, recouvert par le voile des forêts. Or, c'est précisément là la source des inconvenients que nous avons signalés.

—

SUITE.

Nous allons nous occuper maintenant de l'emploi stratégique des résultats tactiques développés au chapitre précédent.

Nous distinguons ici les points suivants :

1° Les montagnes comme champ de bataille;

2° L'influence que la possession des montagnes exerce sur le reste du terrain.

3° L'effet des montagnes comme barrière stratégique.

4° Leurs rapports avec la question d'entretien des troupes.

1° Dans le premier point, qui est le plus important, nous devons distinguer :

a. La bataille générale;

b. Les combats subordonnés.

Dans le chapitre précédent nous avons fait voir combien le *terrain des montagnes* est défavorable au défenseur dans la *bataille décisive*, et combien il est par conséquent avantageux à l'agresseur. Ce résultat contraste avec l'opinion commune. Mais aussi que ne voyons-nous pas mêler et confondre dans l'opinion commune; combien elle distingue peu entre des rapports tout différents! De la résistance extraordinaire de subdivisions secondaires, elle reçoit une impression vague de la force extraordinaire de toute défense de montagnes, puis elle est étonnée lorsque quelqu'un nie l'existence de cet avantage, précisément dans l'acte capital de la défense, c'est-à-dire dans la bataille défensive. D'un autre côté, dans chaque bataille perdue par le défenseur dans les montagnes, cette même opinion voit à l'instant une conséquence de cette inconcevable erreur du système des cordons, sans comprendre que dans les montagnes la force des choses conduit inévitablement à l'application de ce système. Nous n'hésitons nullement à nous mettre en opposition ouverte avec une pareille opinion. Nous ferons observer d'ailleurs qu'à notre grande satisfaction nous avons trouvé notre assertion confirmée par un auteur, dont l'opinion doit, sous plus d'un rapport, peser beaucoup dans cette question. C'est l'archiduc Charles qui l'exprime dans son ouvrage sur les campagnes de 1796 et 1797. Or, c'est là, à la fois, un bon historien, un bon critique, et surtout un bon général.

Nous ne pouvons donc qu'éprouver un sentiment de pitié en voyant le défenseur dans une pareille position. Il a fait les plus grands efforts pour amasser laborieusement les forces nécessaires ; il veut dans une bataille décisive faire sentir à l'agresseur les effets de son amour de la patrie, de son enthousiasme, et de sa sagacité réfléchie ; tout le monde a les yeux sur lui dans l'anxiété de l'attente, et dans ce moment il va se plonger au milieu des complications du terrain des montagnes, sous le voile sombre des forêts ; le sol opiniâtre l'y entrave dans tous ses mouvements, et l'y expose à mille formes possibles d'attaque de la part de son puissant adversaire. Son intelligence ne trouve le champ libre que dans une seule direction, l'emploi le plus complet des obstacles du terrain, et cela le conduit précisément vers les dangers du système désastreux des cordons. S'il ne veut périr, il doit donc se défendre à tout prix de cette tendance. D'après cela, nous sommes loin de croire que dans le cas d'une bataille décisive, les montagnes offrent un asile au défenseur. Nous conseillerions plutôt au général de les éviter autant que possible.

Cependant cela n'est pas toujours possible. Dans ce cas, la bataille devra nécessairement présenter un caractère tout différent de celui qu'elle a dans la plaine. La ligne sera beaucoup plus étendue, le plus souvent deux ou trois fois aussi longue, la résistance beaucoup plus passive, et la réaction offensive plus faible. Ce sont là des influences inévitables du

terrain de montagnes. Néanmoins dans une telle bataille, la défense ne doit pas se borner à être une défense d'obstacles. Le caractère dominant devra consister en une position concentrée dans la montagne, tout doit se passer dans un combat unique, sous les yeux d'un seul chef, et les réserves doivent être suffisantes, pour que la décision puisse être quelque chose de plus qu'une négation du but de l'agresseur, qu'une opposition de bouclier. Cette condition est indispensable; mais elle est difficile à remplir. On est conduit par une pente si glissante à la défense purement locale des montagnes, qu'il ne faut pas s'étonner si on la voit réaliser si fréquemment. Mais en même temps cela est si dangereux, que la théorie ne peut pas trop insister dans ses avertissements.

Voilà pour la bataille décisive à livrer par le gros de l'armée.

Quant aux combats d'une signification et d'une importance secondaires, les montagnes peuvent y devenir immensément utiles, parce qu'ils n'ont pas pour but une résistance absolue, et parce qu'ils ne peuvent entraîner des conséquences décisives. Pour éclaircir ceci, citons les buts que peut se proposer cette défense relative.

A. Gagner du temps. Ce but se reproduit cent fois. Il existe déjà pour toute ligne de défense établie dans un but d'observation. Il existe aussi chaque fois qu'on attend des secours.

B. Repousser une simple démonstration ou quel-

que entreprise secondaire de l'ennemi. Quand une province est protégée par une barrière de montagnes et que ces montagnes sont défendues par des troupes, quelque faible que soit d'ailleurs cette défense, elle suffira, dans tous les cas, à empêcher des incursions de partisans et d'autres petites entreprises tendant aux déprédations et au pillage. Sans les montagnes, un cordon de troupes aussi faible serait une absurdité.

C. Faire une démonstration. Il se passera encore bien du temps avant que l'opinion qu'il convient d'avoir des montagnes n'arrive à s'établir complétement. Jusque-là on rencontrera toujours des adversaires auxquels elles imposeront et qu'elles paralyseront dans leurs entreprises. Dans ce cas, on pourra donc employer aussi toute l'armée dans les montagnes. Dans les guerres peu énergiques et peu mouvementées cette situation se réalisera assez fréquemment. Mais on ne devra jamais perdre de vue la condition, qu'on ne doit pas avoir le dessein d'accepter une bataille décisive dans cette position, ni pouvoir y être contraint.

D. En général les montagnes sont propres à toute position dans laquelle on ne veut pas accepter un combat capital ; car toutes les parties isolées y sont plus fortes, l'ensemble seul étant plus faible. De plus, on ne peut pas y être facilement surpris et contraint à accepter un combat décisif.

E. Enfin les montagnes sont le vrai terrain

d'une insurrection nationale. Mais les insurgés doivent y être soutenus par de petites subdivisions de l'armée. Par contre, la proximité de l'armée elle-même paraît agir défavorablement sur l'insurrection. Ce point ne sera donc pas en général un motif pour porter l'armée dans les montagnes.

Voilà pour les montagnes, quant aux positions qu'on peut y prendre pour le combat.

2° *L'influence des montagnes sur le restant du terrain.* Nous avons vu qu'à l'aide des montagnes on peut, par une série de faibles postes, s'assurer d'une étendue considérable de territoire, postes qui ne pourraient pas tenir et seraient exposés à des dangers continuels dans un terrain accessible. Quand il s'agit d'avancer dans les montagnes, qui sont déjà occupées par un adversaire, le mouvement est beaucoup plus lent que dans la plaine; par conséquent, il ne peut pas marcher de pair avec celui-ci. Ainsi la priorité de possession a bien plus d'importance quand il s'agit d'une contrée montueuse que d'une autre. Dans une contrée découverte, cette possession peut changer de main d'un jour à l'autre; pour faire abandonner aux troupes ennemies un terrain dont nous avons besoin, il suffit que quelques forts détachements s'avancent. Il n'en est pas de même dans les montagnes. Avec des forces très-médiocres on peut y offrir une résistance très-opiniâtre. C'est pourquoi lorsqu'on a besoin d'une portion de territoire couverte de montagnes, on est obligé, pour

se mettre en possession, d'avoir recours à des entreprises spéciales entraînant souvent une dépense considérable de temps et de forces. Par conséquent, lors même que les montagnes ne sont pas le théâtre des entreprises principales, nous ne pouvons pas cependant, comme quand nous opérons en plaine, en considérer la possession comme subordonnée à ces entreprises, et comme une conséquence nécessaire de notre marche en avant.

Le terrain des montagnes possède donc une indépendance bien plus grande, et la possession en est plus stable, moins précaire. Il faut ajouter à cela qu'une arête de montagnes procure le long de ses crêtes une vue étendue sur le pays découvert qui s'étend à ses pieds, tandis qu'elle-même reste ensevelie dans les ténèbres. Il en résulte que celui qui se trouve en contact avec elles sans les occuper, doit les redouter sans cesse comme une source inépuisable d'influences fâcheuses, comme un foyer mystérieux de forces hostiles. Cela est d'autant plus vrai lorsque les montagnes sont non-seulement occupées par l'adversaire, mais font partie de son territoire. La moindre troupe de partisans téméraires y trouve un refuge quand elle est poursuivie, et peut ensuite impunément reparaître sur d'autres points ; les plus fortes colonnes peuvent y avancer inaperçues. Nos forces doivent donc constamment s'en tenir assez éloignées, si elles veulent se soustraire à son influence dominante, et éviter une lutte

inégale de surprises et d'embuscades auxquelles elles ne peuvent riposter.

C'est ainsi que les montagnes exercent, jusqu'à une certaine distance, une influence régulière sur les terrains bas alentour. Cette influence peut être momentanée, par exemple, dans une bataille (bataille de Maltsch sur le Rhin, 1796), ou bien elle peut se faire sentir seulement au bout d'un certain temps, sur les lignes de communication ; cela dépend de la disposition des lieux. Cette influence peut être vaincue et entraînée par les événements qui se décident dans la vallée ou dans la plaine, ou bien elle peut se maintenir ; cela dépend du rapport des forces qui combattent.

En 1805 et en 1809, Napoléon a marché sur Vienne sans s'inquiéter beaucoup du Tyrol. Par contre, Moreau dut abandonner la Souabe en 1796, principalement parce qu'il n'était pas maître des régions élevées et qu'il dut employer trop de forces à les observer. Dans les campagnes où les forces opposées oscillent autour de l'équilibre en donnant lieu à de fréquentes vicissitudes, on ne s'exposera pas à l'inconvénient permanent du voisinage de montagnes restées au pouvoir de l'ennemi. Chacun cherchera donc à s'emparer de la partie de ces montagnes traversée par les lignes principales de son attaque, et à s'y maintenir. Il en résulte que dans ces cas les montagnes constituent la principale scène de lutte pour les petits combats isolés que les deux armées se

livrent. Mais il faut se garder d'attacher trop d'importance à cette circonstance et de considérer, dans tous les cas, ces montagnes comme la clef du tout, et leur possession comme un résultat capital. Lorsqu'il s'agit d'une victoire, c'est cette victoire qui constitue le résultat capital; et quand cette victoire est réalisée, on est libre de prendre ses dispositions suivant les besoins de la situation.

3° *Les montagnes considérées comme barrière stratégique.* Deux cas doivent être examinés ici.

Le premier est de nouveau celui d'une bataille décisive. En effet, un rameau de montagnes peut être considéré comme constituant, de même qu'une rivière, une barrière qui présente un certain nombre de points de passage. Elle peut donc nous procurer la victoire en divisant les forces ennemies qui s'avancent, en les restreignant à certains chemins, ce qui fait qu'en établissant un peu en arrière notre force concentrée, nous pouvons les accabler en détail. Quand l'agresseur avance dans les montagnes, à part toute autre considération, il ne peut pas marcher en une seule colonne par cela seul qu'il s'exposerait à une bataille décisive en ne disposant que d'une seule route de retraite. La méthode ci-dessus n'est donc pas sans fondement réel. Toutefois, comme les idées qu'on peut se former des montagnes en général et de leurs débouchés sont très-indéterminées, tout revient, en définitive, à la configuration particulière du terrain. Le procédé ne peut donc être indiqué que

comme possible, et de plus, il est accompagné de deux inconvénients. Le premier consiste en ce que l'ennemi, s'il éprouve un échec en débouchant, trouve promptement un refuge dans les montagnes ; le second résulte de ce que l'ennemi occupe naturellement la région dominante. Ce dernier inconvénient n'est pas grave, mais n'en existe pas moins pour le défenseur.

Nous ne connaissons aucune bataille livrée dans une situation analogue, à moins qu'on ne veuille considérer comme telle la bataille livrée contre Alvinzi en 1796. Ce qui prouve cependant que le cas peut se présenter, c'est le passage des Alpes en 1800 par Bonaparte, dont les colonnes auraient pu et dû être attaquées avant leur réunion par toutes les forces concentrées de Mélas.

Le deuxième cas dans lequel les montagnes peuvent faire fonction de barrière, concerne les lignes de communication de l'ennemi quand elles traversent ces lignes. Abstraction faite du barrage des défilés au moyen de forts, et des moyens qu'offre l'insurrection dans les montagnes, les mauvais chemins des montagnes peuvent aussi dans la saison pluvieuse faire le désespoir d'une armée après l'avoir préalablement énervée. Si les courses fréquentes de nos partisans, ou même l'insurrection, s'ajoutent aux difficultés du terrain, l'armée ennemie est obligée de former de grands détachements, ou même d'établir des postes fixes dans les montagnes, ce qui l'im-

plique dans la situation la plus fâcheuse possible pour une guerre offensive.

4° *Les montagnes dans leurs rapports avec l'entretien de l'armée*. Cette influence est simple et facile à comprendre. C'est lorsque l'agresseur devra s'arrêter dans les montagnes, ou les laisser sur ses derrières, que le défenseur pourra en tirer, sous ce rapport, le plus grand parti.

Ces considérations sur la défense des montagnes comprennent au fond toute la guerre des montagnes, en ce qu'elles renvoient la lumière nécessaire sur l'offensive. On ne doit pas les croire inexactes ou purement spéculatives, parce que, dans les montagnes, on ne peut pas créer à volonté des plaines, ni les montagnes dans la plaine, et parce que le choix du théâtre de la guerre est déterminé par tant de considérations différentes, qu'il semble devoir rester peu de place pour des motifs de l'espèce. Lorsqu'il s'agit de la position et de l'action de la force principale, et cela au moment même de la bataille décisive, quelques étapes en avant ou en arrière amènent l'armée des montagnes dans la plaine. Il suffit aussi de concentrer résolûment ses masses dans la plaine pour neutraliser la région montagneuse voisine.

Nous allons maintenant résumer ce qui précède, en cherchant à concentrer en un seul foyer la lumière que les considérations ci-dessus ont répandue çà et là sur la question.

Nous prétendons, et nous croyons l'avoir démon-

tré, qu'aussi bien en tactique qu'en stratégie, les montagnes sont en général défavorables à la défense; mais en disant cela nous parlons de la défense décisive, dont le résultat implique la conservation ou la perte du pays. Les montagnes bornent la vue et entravent les mouvements en tous sens; elles conduisent à une attitude passive, et obligent de boucher chaque trouée, d'où dérive plus ou moins la guerre de cordon. On doit donc, autant que possible, éviter les montagnes avec le gros de ses forces, et les laisser à côté, en avant ou en arrière.

Par contre, nous croyons que pour les buts et les rôles secondaires, le terrain des montagnes renferme un principe fortifiant. D'après ce que nous en avons dit, on ne nous accusera donc pas de contradiction, si nous le considérons comme le refuge du faible, c'est-à-dire de celui qui ne doit plus chercher une solution absolue. Cette prérogative que les rôles secondaires possèdent dans les montagnes, en exclut pour la seconde fois les forces principales.

Cependant toutes ces considérations contre-balanceront difficilement l'impression produite sur les sens. Non-seulement tous ceux qui n'ont pas d'expérience, mais aussi ceux qui ont l'expérience des mauvaises méthodes de guerre, se laisseront si fortement impressionner par quelque cas isolé, estimeront si haut les difficultés et les entraves que l'élément retardateur du terrain des montagnes oppose à l'agresseur, qu'ils auront de la peine

à ne pas considérer notre opinion comme étrangement paradoxale. Mais quand on s'élève dans ces considérations en les généralisant, l'histoire du dernier siècle avec sa forme de guerre particulière se substitue à l'impression directe, éprouvée par les sens, et alors ces mêmes hommes ne se décident jamais à croire que l'Autriche, par exemple, ne défendra pas plus facilement ses États du côté de l'Italie que du côté du Rhin. Les Français, au contraire, qui ont fait pendant vingt ans la guerre sous un commandement énergique et affranchi de toute considération secondaire, et qui ont constamment eu sous les yeux les conséquences heureuses de ce système, se distingueront encore longtemps dans cette question, comme dans bien d'autres, par le tact d'un jugement exercé.

Est-ce à dire, qu'un Etat serait mieux protégé par des plaines ouvertes que par des montagnes; que l'Espagne serait plus forte sans les Pyrénées, la Lombardie moins accessible sans les Alpes, et un pays de plaines, par exemple l'Allemagne septentrionale, plus difficile à conquérir qu'un pays de montagnes, comme la Hongrie? Ce seraient là des déductions fausses, et nous allons leur consacrer nos observations finales.

Nous ne disons pas que l'Espagne serait plus forte sans ses Pyrénées; mais nous prétendons qu'une armée espagnole qui se sent assez forte pour tenter une bataille décisive, fera mieux de se concentrer

dans une position derrière l'Èbre, que de se répartir entre les quinze défilés des Pyrénées. Or, cette assertion n'implique nullement la négation de l'influence des Pyrénées sur la guerre. Nous dirons la même chose d'une armée italienne. Si elle se disséminait dans les Hautes-Alpes, elle serait vaincue par tout adversaire résolu, sans avoir l'alternative d'une victoire ou d'une défaite; dans la plaine de Turin, au contraire, elle peut compter sur les chances communes à toute armée. Mais personne ne croira, à cause de cela, que ce soit une opération agréable pour l'agresseur que de franchir et de laisser derrière lui un massif de montagnes comme les Alpes. D'ailleurs la résolution d'accepter la bataille décisive en plaine, n'exclut nullement une défense préalable des montagnes au moyen de forces subordonnées, défense qui est même très à conseiller, lorsque ces montagnes constituent des masses comme les Pyrénées et les Alpes. Enfin nous sommes très-éloignés de croire que la conquête d'un pays de plaine soit plus facile que celle d'un pays de montagnes, à moins qu'une seule victoire ne suffise pour désarmer définitivement le défenseur (1). Après cette victoire, le conquérant doit recourir à la défensive, et dans cette attitude le terrain des montagnes lui est aussi désavantageux, et plus désavantageux même, qu'il ne l'a

(1) D'après ce qui suit, l'intention de l'auteur a été sans doute de dire l'inverse. (*Note du traducteur.*)

été au défenseur. Ainsi quand la guerre continue, quand il arrive des secours extérieurs, quand le peuple prend les armes, toutes ces réactions sont rehaussées dans leur énergie par la nature du terrain.

Cette question rappelle les effets de certains instruments d'optique, qui donnent des images de plus en plus lumineuses d'un objet qu'on en éloigne graduellement, et qui produisent l'effet inverse aussitôt que le foyer est dépassé.

Comme la défense des montagnes est désavantageuse, cela pourrait être pour l'agresseur un motif de les prendre de préférence pour direction de son attaque. Mais cela se présente rarement, parce que les difficultés de l'entretien et des chemins, et l'incertitude sur la question de savoir si le défenseur acceptera une bataille décisive justement dans la montagne, ou s'il y prendra position avec le gros de de ses forces, compense largement cet avantage.

—

SUITE.

Nous nous sommes occupé dans le XV[e] chapitre de la nature des combats dans les montagnes, dans le XVI[e], de l'emploi que la stratégie peut en faire. Ces considérations nous ont fait plusieurs fois effleurer l'idée d'une défense de montagnes proprement dite, mais nous ne nous sommes pas arrêté à la forme ni aux détails d'une pareille opération. Nous allons maintenant examiner plus spécialement cette question.

Les montagnes s'étendent fréquemment en chapelets continus sur la surface de la terre et forment ainsi des lignes saillantes, à droite et à gauche desquelles les eaux descendent. Ces lignes de partage circonscrivent de grands bassins qui renferment des systèmes entiers d'écoulement des eaux. La forme

générale des grandes lignes se répète d'ailleurs dans leurs dérivées ; les faîtes principaux (dorsales) se ramifient à droite et à gauche en contreforts (costales) qui partagent de nouveaux systèmes d'eaux d'un ordre secondaire. Ces formes générales ont naturellement spécialisé l'idée d'une défense de montagnes, en lui donnant pour base une grande barrière, constituant un obstacle plus étendu en longueur qu'en largeur. Les géologues ne sont pas encore tombés d'accord sur l'origine des montagnes et sur les lois de leur formation. Cependant le cours des eaux fournit en général le moyen le plus court et le plus sûr de conclure à la forme générale des systèmes de hauteurs, soit que l'action des eaux ait contribué à produire ces formes (système neptunien), soit que le cours des eaux ait été déterminé lui-même par la configuration de la surface. D'après cela, il était naturel aussi de prendre le cours des eaux comme guide dans la conception d'une défense de montagnes. La direction des eaux exprime non-seulement un nivellement général, d'où l'on peut conclure les hauteurs relatives et par conséquent le profil général de la surface, mais aussi les vallées formées par les eaux sont les chemins les plus accessibles pour parvenir aux points plus élevés ; car il y a du moins cet effet constaté du lavage fluvial, c'est qu'il tend à détruire les inégalités des pentes pour les convertir en une courbe continue et régulière. Voici la forme que prendrait d'après cela l'idée

d'une défense de montagnes. Si la chaîne de montagnes est à peu près parallèle à la ligne de défense, on la considérerait comme un puissant obstacle, comme une sorte de rempart, dont les points accessibles correspondent aux vallées transversales. La défense, proprement dite, aurait donc lieu sur la crête de ce rempart, c'est-à-dire au bord du plateau qui couronne les montagnes, et couperait transversalement les vallées principales. Si, au contraire, le tronc principal s'approchait davantage de la perpendiculaire à la ligne à défendre, on choisirait un de ses rameaux du premier ordre pour y appuyer la défense; la position serait donc parallèle à une des vallées principales et s'étendrait jusqu'à la grande ligne de partage, où elle aurait son origine.

Nous avons indiqué ce concept général d'une défense de montagnes fondée sur la structure géologique, parce qu'on l'a vu réellement poindre quelque temps dans la théorie, et que dans les études topographiques on a amalgamé la conduite de la guerre avec les lois de l'excavation fluviatile.

Mais ces tentatives d'application fourmillent tellement de fausses hypothèses et de substitutions inexactes qu'il en reste trop peu de substance réelle pour donner lieu à quelque rudiment de système.

Les croupes des troncs principaux de montagnes sont bien trop inhospitalières ou inaccessibles pour qu'on puisse y établir des masses considérables de

troupes. Il en est souvent de même des rameaux secondaires. Le dos des montagnes ne présente pas toujours des plateaux véritables ; et lorsque ces plateaux existent ils sont ordinairement étroits et très-inhabitables. Il existe même peu de branches de montagnes qui présentent un dos non interrompu, et des versants pouvant être comparés à une rampe, ou du moins à une succession de terrasses. Le tronc principal se contourne, se replie et se fend ; de puissants rameaux s'élancent dans le pays suivant des lignes courbes et se relèvent souvent vers leurs extrémités à une hauteur plus considérable que le tronc principal lui-même ; des promontoires s'y ajoutent et forment des vallées profondes qui font disparate dans le système. De plus, là où plusieurs troncs de montagnes se rencontrent, ou bien au point d'où partent plusieurs de ces troncs, l'idée d'une ligne étroite ou d'un chapelet de montagnes n'est plus exacte, et les lignes principales des eaux et celles de partage y forment étoile en divergeant.

Il résulte de là, et tous ceux qui ont examiné les



tactiques que présente la guerre des montagnes, nous y trouvons deux éléments principaux, la défense de pentes escarpées et celle de vallées étroites. Or cette dernière, qui produit souvent, et même la plupart du temps, le plus grand effet dans la résistance, est difficile à concilier avec une position choisie sur la crête principale. En effet, la vallée doit souvent être occupée *elle-même*, et cela plutôt à son débouché dans les plaines qu'à son origine; car c'est vers le débouché qu'elle est le plus profonde. D'ailleurs, cette défense des vallées fournit le moyen de défendre une contrée montueuse, même alors que le dos principal ne peut pas être occupé; elle joue donc en général un rôle d'autant plus considérable que le massif des montagnes est plus élevé et moins praticable.

Il ressort de toutes ces considérations qu'il faut entièrement s'éloigner de l'idée d'une ligne de défense plus ou moins régulière, coïncidant avec quelque ligne fondamentale de partage des eaux. Il ne faut considérer les montagnes que comme une surface accidentée par des inégalités et des obstacles multipliés dont on emploie les parties aussi avantageusement que les circonstances le permettent. Par conséquent, si les lignes géologiques du sol sont indispensables à celui qui veut juger les formes des massifs de montagnes, il n'en est cependant pas question dans les mesures de défense elles-mêmes.

Ce n'est ni dans la guerre de succession d'Au-

triche, ni dans celle de Sept Ans, ni dans celles de la révolution que nous rencontrons des lignes de défense embrassant tout un système de montagnes et où la défense ait été organisée d'après les lignes fondamentales de ce système. Jamais nous ne trouvons les armées sur les crêtes des troncs principaux; nous les voyons toujours s'établir sur les versants, tantôt vers le haut, tantôt vers le bas, et suivant des directions quelconques ; tantôt parallèlement, tantôt perpendiculairement ou obliquement au cours des eaux. Dans les hautes montagnes comme les Alpes, nous voyons souvent prendre position dans des vallées. Dans les montagnes moins élevées, comme les Sudètes, nous avons vu prendre position au milieu du versant incliné vers le défenseur, qui avait donc la crête principale devant lui. Cette anomalie, qui est la plus saillante, se présenta en 1762, lorsque Frédéric le Grand couvrit le siége de Schweidnitz, ayant la Hohe-Eule en avant du front de son camp.

(La suite au prochain numéro.)

ESSAI

SUR LE

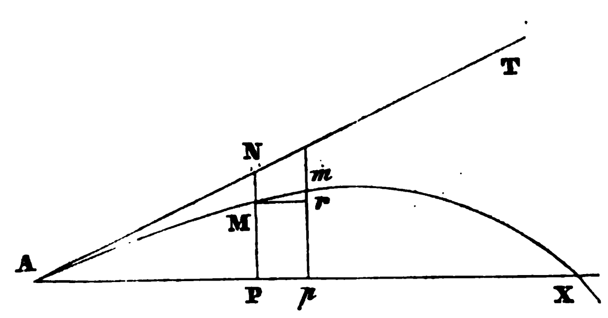
MOUVEMENT DES PROJECTILES

DANS LES MILIEUX RÉSISTANTS,

PAR LE COMMANDANT THIROUX,
Professeur d'artillerie à Saint-Cyr.

CHAPITRE II.

ÉQUATION DE LA TRAJECTOIRE DANS L'AIR.



Soit AP $= x$, PM $= y$, AM $= s$; TAX $= \alpha$, appelons t le temps que le mobile emploie pour parcourir AM, V la vitesse initiale, v la vitesse restante en M; on a $v = \frac{ds}{dt}$... et $v_0 = \frac{dx}{dt}$, $v_1 = \frac{dy}{dt}$... v_0 et v_1 étant respectivement les composantes horizontales et verticales de cette vitesse.

La diminution de vitesse suivant AM étant $nv^{\frac{5}{2}}dt$; $nv^{\frac{5}{2}}dt$

cos. $mMr = nv^{\frac{5}{2}}dt\,\frac{dx}{ds}$ sera la composante de cette diminution parallèlement à l'axe des x; pareillement $nv^{\frac{2}{3}}dt\,\frac{dy}{ds}$ sera la composante verticale de l'action de la résistance de l'air.

D'après les notations connues, les équations différentielles du mouvement seront :

$$d.\frac{dx}{dt} = -nv^{\frac{5}{2}}\frac{dx}{ds}dt \quad (a)$$

$$d.\frac{dy}{dt} = -nv^{\frac{5}{2}}\frac{dy}{ds}dt - gdt \; (b)$$

Supposons dt constant et tirons la valeur de $-\frac{nv^{\frac{5}{2}}dt}{ds}$ de l'équation (a), et substituons-la dans l'équation (b); nous aurons :

$$d^2y = \frac{d^2x\,dy}{dx} - gdt^2 \text{ ou } \frac{dxd^2y - dy\,d^2x}{dx} = dx\,\frac{dxd^2y - dy\,d^2x}{dx^2}$$

$$= dxd\left(\frac{dy}{dx}\right) = -gdt^2 \; (c)$$

équation tout à fait indépendante de l'hypothèse qui a été admise, touchant la loi de la résistance de l'air.

A cause de $v = \frac{ds}{dt}$, l'équation (a) donne $d^2x = -n\frac{ds^{\frac{3}{2}}dx\,dt^2}{dt^{\frac{5}{2}}}$ (d). Soit $\frac{dy}{dx} = z$, il viendra (c) $dx\;dz = -gdt^2$, et comme $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2}$, on obtiendra : $ds = dx\sqrt{1+z^2}$. Substituant dans l'équation (d) on a :

$$d^2x = -\frac{n\,dx^{\frac{5}{2}}}{dt^{\frac{5}{2}}}(1+z^2)^{\frac{3}{4}}dt^2.$$

Multipliant les deux membres par g et mettant à la place de gdt^2 sa valeur $-dx\,dz$, il vient :

$$\frac{g\,\frac{d^2x}{dx}}{\left(\frac{dx}{dt}\right)^{\frac{5}{2}}} = n\,dz\,(1+z^2)^{\frac{3}{4}} \quad (e).$$

Développant $(1+z^2)^{\frac{3}{4}}$ par la formule du binôme, on obtient :

$$(1+z^2)^{\frac{3}{4}} = 1 + \frac{3}{4}z^2 - \frac{3}{32}z^4 + \frac{5}{128}z^6 - \frac{45z^8}{2048} + \frac{117}{8192}z^{10} - \frac{663}{65536}z^{12} + \frac{1989}{262144}z^{14}\ldots\ldots\ldots$$

Substituant dans l'équation, (a) et intégrant on a :

$$\frac{2}{5}g\left(\frac{dt}{dx}\right)^{\frac{5}{2}} = C - nz\left(1 + \frac{1}{4}z^2 - \frac{3}{160}z^4 - \frac{5}{896}z^6 - \frac{5}{2048}z^8 + \frac{117}{90112}z^{10} - \frac{51}{65536}z^{12} + \frac{1989}{5242880}z^{14}\ldots\ldots\right)$$

Il est à remarquer que la valeur de la série varie peu pour le tir sous de petits angles. En appelant a la quantité comprise entre parenthèses, on trouve pour $z = o, a = 1$, et pour $z = 0.1$ répondant à $\alpha = 5°45$ environ, on a $a = 1.0025\ldots$

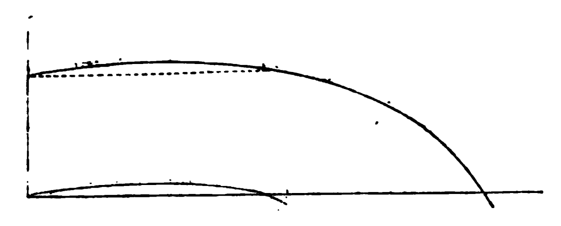
On voit donc qu'on pourra, pour le tir des canons et des obusiers, et à plus forte raison pour celui des armes à feu portatives, supposer a constant et égal à l'unité; surtout lorsqu'on ne considérera, comme on le fait habituellement, qu'un segment de la trajectoire dans lequel les valeurs de z subissent peu de variations.

Pour des angles très-élevés, et surtout pour des trajectoires très-infléchies dans leur branche descendante, il faudra avoir égard à la valeur de a.

Le calcul de la valeur de a par la série $a = 1 + \frac{1}{4}z^2 - \frac{3}{160}z^4 + \frac{5}{896}z^6 - \frac{5}{2048}z^8\ldots\ldots$ étant très-pénible et devenant même impossible pour les grands angles, nous don-

nerons tout à l'heure une méthode bien plus facile de la trouver, quelle que soit la valeur de z.

Nous considérerons à l'avenir a comme constant pour une même trajectoire, ou plus exactement pour un même arc de trajectoire, mais pouvant varier d'une trajectoire à une autre et même en général d'un arc à un autre arc de la même courbe; car on conçoit que l'arc que décrit un boulet de canon, au-dessus d'un sol horizontal très-rapproché, est bien différent de la trajectoire qu'il décrirait s'il était lancé d'une très-grande hauteur (*fig.* 3).



Cela posé, on aura :

$$\frac{2}{5}\frac{g}{\left(\frac{dx}{dt}\right)^{\frac{5}{2}}} = C - naz, \text{ d'où l'on tire } \frac{dx}{dt} = v_0 = \frac{\left(\frac{2}{5}g\right)^{\frac{2}{5}}}{(C - naz)}. (g)$$

Quant à la vitesse au point M, dans le sens de l'arc, à cause de

$$ds = dx\sqrt{1+z^2} \text{ on trouvera : } v = \frac{\left(\frac{2}{5}g\right)^{\frac{2}{5}}(1+z^2)^{\frac{1}{2}}}{(C - naz)^{\frac{2}{5}}} (h).$$

Si l'on appelle ω l'angle dont la tangente est z on aura :

$$\sqrt{1+z^2} = \frac{1}{\cos.\omega} \text{ et } v = \frac{\left(\frac{2}{5}g\right)^{\frac{2}{5}}}{\cos.\omega(C - naz)^{\frac{2}{5}}} (h').$$

Elevant au carré l'équation (g), la multipliant par g et

mettant à la place de gdt^2 sa valeur $-dxdz$, il vient :

$$gdx = -\frac{\left(\frac{2}{5}g\right)^{\frac{4}{5}} dz}{(C-naz)^{\frac{4}{5}}};$$

Intégrant, on a :

$$gx = C' + \frac{5}{na}\left(\frac{2g}{5}\right)^{\frac{4}{5}}(C-naz)^{\frac{1}{5}}\ (i)$$

Elevant à la 5ᵉ puissance, on obtient :

$$C - naz = (gx - C')^5\,\frac{n^5a^5}{80g^4}(i).$$

Pour déterminer les constantes C et C′, nous remarquerons que dans l'équation (g) quand $x = o$ on a : $z = tang.\,\alpha$, $\frac{dx}{dt} = v_o = V\ cos.\ \alpha$, il viendra donc :

$$C = na\ tang.\,\alpha + \tfrac{2}{5}\,\frac{g}{(V cos.\,\alpha)^{\frac{5}{2}}}$$

Pareillement l'équation (i) donnera :

$$C' = -\frac{2g}{na(V cos.\,\alpha)^{\frac{1}{2}}}$$

On obtiendra donc :

$$C - naz = \left(x + \frac{2}{na\ \sqrt{V\ cos.\ \alpha}}\right)^5 \frac{ga^5n^5}{80}$$
$$= \left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{\sqrt{V\ cos\ \alpha}}\right)^5 \frac{2g}{5}(k).$$

Substituant dans l'équation (g), on trouve :

$$\frac{dx}{dt}=v_0=\frac{1}{\left(\frac{nax}{2}+\frac{1}{\sqrt{V\cos.\alpha}}\right)^2}=\frac{V\cos.\alpha}{\left(1+\frac{nax\sqrt{V\cos.\alpha}}{2}\right)^2}\quad(l)$$

$$\frac{ds}{dt}=v=\frac{\sqrt{1+z^2}}{\left(\frac{nax}{2}+\frac{1}{\sqrt{V\cos.\alpha}}\right)^2}\quad(m)$$

$$\frac{dy}{dt}=v_,=\frac{z}{\left(\frac{nax}{2}+\frac{1}{\sqrt{V\cos\alpha}}\right)^2}\quad(l')$$

L'équation (k) donne en y mettant au lieu de C sa valeur

$$z=tang.\alpha+\frac{2g}{5na(V\cos.\alpha)^{\frac{5}{2}}}-\frac{2g}{5na}\left(\frac{nax}{2}+\frac{1}{\sqrt{V\cos.\alpha}}\right)^5\quad(n)$$

ou à cause de : $\frac{nax}{2}+\frac{1}{\sqrt{V\cos.\alpha}}=\frac{1}{\sqrt{v_0}}$; $z=tang.\alpha+$

$$\frac{2g}{5na}\left(\frac{1}{(V\cos.\alpha)^{\frac{5}{2}}}-\frac{1}{v_0^{\frac{5}{2}}}\right)\ldots(n').$$

La formule (n) est précieuse en ce qu'elle permet de calculer très-facilement l'abcisse répondant à une inclinaison donnée de la trajectoire, et réciproquement.

On trouve également l'abcisse du point de la branche descendante, où l'inclinaison est égale à l'angle de projection en substituant à la place de z sa valeur $-tang.\alpha$.

La vitesse au même point est évidemment :

$$v=\frac{\sqrt{1+tang.^2\alpha}}{\left(\frac{nax}{2}+\frac{1}{\sqrt{V\cos.\alpha}}\right)^2}=\frac{1}{\cos.\alpha\left(\frac{nax}{2}+\frac{1}{\sqrt{V\cos.\alpha}}\right)^2}$$

$$=\frac{V}{(nax\sqrt{V\cos.\alpha}+1)^2}$$

Au delà de ce point on substitue à z des valeurs plus grandes que $-$ *tang.* α; on peut calculer la valeur de a et celle de l'abcisse correspondante. Dans ce qui va suivre nous ferons pour simplifier, V *cos.* $\alpha = Vo$.

L'abcisse x est donnée par la formule

$$x = \frac{2}{na}\left[\left(\frac{5na}{g}(tang.\,\alpha - z)\frac{1}{V_0^{\frac{5}{2}}}\right)^{\frac{1}{5}} - \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right] (p).$$

L'équation (n)

$$z = \frac{dy}{dx} = tang.\,\alpha + \frac{2g}{5\,na\,V_0^{\frac{5}{2}}} - \frac{2g}{5na}\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^5$$

étant intégrée devient :

$$y = x\,tang.\,\alpha + \frac{2gx}{5naV_0^{\frac{5}{2}}} - \frac{2g}{15n^2a^2}\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^6 + C'''.$$

A l'origine $x = o$, $y = o$ et $C''' = \frac{2g}{15\,n^2a^2}\,\frac{1}{V_0^3}$, en sorte que l'équation de la trajectoire devient :

$$y = x\,tang.\,a + \frac{2gx}{5\,naV_0^{\frac{5}{2}}} - \frac{2g}{15n^2a^2}\left[\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^6 - \frac{1}{V_0^3}\right] (q).$$

L'équation q peut être présentée sous la forme

$$y = x\,tang.\,\alpha + \frac{2gx}{5na\,V_0^{\frac{5}{2}}} - \frac{2g}{15n^2a^2}\left(\frac{1}{v_0^3} - \frac{1}{V_0^3}\right)'.$$

En faisant $y = o$ dans l'équation (q), on a $x = o$, et une équation du 5ᵉ degré dont la racine réelle et positive est la portée réelle cherchée.

L'équation (q'), lorsqu'on suppose $y = o$, donne $x\,tang.\,\alpha + \frac{2gx}{5na\,V_0^{\frac{5}{2}}} = \frac{2g}{15^2na^2}\left(\frac{1}{v_0^3} - \frac{1}{V_3^3}\right)\left(q''\right)$, qui permet de calculer

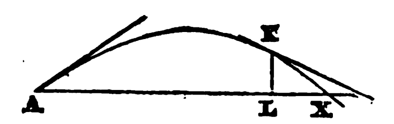
l'abcisse répondant à une valeur donnée de v_0, formule très-précieuse pour le tir sous de petits angles.

Pour trouver la portée, on donne à z des valeurs plus grandes que *tang*. α, on calcule l'abcisse correspondante, et substituant les valeurs de x ainsi obtenues, dans l'équation de la trajectoire, de manière à obtenir au moins une ordonnée positive et une ordonnée négative; et on pourra, si ces ordonnées sont assez petites, trouver la portée par une simple proportion.

Lorsque l'ordonnée du point de la branche descendante, pour lequel on a $z = -$*tang*. α n'est pas trop grande, on peut calculer la portée entière d'une manière très-simple.

Soit b l'ordonnée dont il s'agit, l'angle de projection a pour tangente. — *tang*. α la valeur $\dfrac{V}{\left(\frac{nax}{2} V_0^{\frac{1}{2}} + 1\right)^2} = V\alpha$ peut être considérée comme vitesse initiale, et en transportant l'origine des coordonnées au pied de l'ordonnée KL, on a $b = y + x' tang.\, \alpha + \dfrac{gx'^2}{2(V\alpha)^2 cos^{2}\alpha}$

Au point où l'arc parabolique rencontre l'axe des abcisses on a



$y = o$ et $b = x' tang.\, \alpha + \dfrac{gx'^2}{2(V\alpha)^2 cos^2 \alpha}$, équation qui permettra de calculer la valeur de x', et en désignant AL par $x\alpha$, on aura $x = x\alpha + x'$.

Si cette première valeur n'était pas suffisamment exacte, on la substituerait en nombre dans l'équation :

$$o = x\,tang.\,\alpha + \frac{2gx}{5naV_0^{\frac{3}{2}}} - \frac{2g}{15n^2a^2}\left[\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^6 - \frac{1}{V_0^3}\right]$$

et dans les termes affectés de la première puissance seulement. On conçoit que comme il faudra, pour résoudre l'équation, extraire une racine sixième, l'erreur qu'on aurait pu commettre dans la détermination provisoire de x, serait sans effet notable sur la véritable grandeur de cette abcisse.

Dans le tir sous de petits angles, on pourra substituer à x' $\frac{b}{tang\alpha}$.

Cherchons maintenant la durée du mouvement ; on a (l) :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^2} \text{ et}$$

$dt = dx\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^2$, dont l'intégrale est $t = C^{IV} + \frac{2}{3na}\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^3$. A l'origine, on a $x = o$ $t = o$, et partant $C^{IV} = -\frac{2}{3naV_0^{\frac{3}{2}}}$, en sorte que l'on obtient $t = \frac{2}{3na}\left[\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^3 - \frac{1}{V_0^{\frac{3}{2}}}\right]$ (r) ou encore : $t = \frac{2}{3na}\left(\frac{1}{v_0^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{V_0^{\frac{3}{2}}}\right)$ (r').

Le formule (n) permet de calculer les coordonnées du point le plus élevé de la trajectoire; il suffit de supposer dans cette équation $z = o$, et l'on trouve :

$o = tang.\alpha + \frac{2g}{5naV_0^{\frac{5}{2}}} - \frac{2g}{5na}\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^5$, d'où l'on tire :

$x = \frac{2}{na}\left[\left(\frac{5na\,tang\alpha}{2g} + \frac{1}{V_0^{\frac{5}{2}}}\right)^{\frac{1}{5}} - \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right]$ (s). C'est l'abcisse du point culminant de la courbe, substituant cette valeur dans l'équation de la trajectoire, on obtiendra l'ordonnée de ce point. On simplifiera l'opération en substituant à la place de $\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}$ sa valeur $\left(\frac{5na\,tang.\alpha}{2g} + \frac{1}{V_0^{\frac{5}{2}}}\right)^{\frac{1}{5}}$.

La vitesse horizontale au sommet de la courbe sera $V_0 = \frac{1}{\left(\frac{5na\,tang\alpha}{2g} + \frac{1}{V_0^{\frac{5}{2}}}\right)^{\frac{2}{5}}}$ (t).

Il est à remarquer que la valeur de s, qui est intégrable directement, dans le cas de la résistance proportionnelle au carré de la vitesse, ne l'est point ici.

En effet, on a $ds = dx\sqrt{1+z^2}$; mais nous avons trouvé, page 27, $dx = \frac{-\left(\frac{2}{5}g\right)^{\frac{11}{4}}dz}{g(C-naz)^{\frac{5}{4}}}$ substituant dans la valeur de ds, on obtient $ds = -\frac{\left(\frac{2g}{5}\right)^{\frac{4}{5}}dz\sqrt{1+z^2}}{g(C-naz)^{\frac{4}{5}}}$, formule qui n'est intégrable que par les séries.

Si l'arc que l'on considère était assez petit pour être supposé sensiblement en ligne droite, de telle sorte qu'on pût poser $ds = bdx$; ici x est la projection de l'arc s, et l'on a $b =$

$\frac{1}{\cos i}$, i étant l'inclinaison moyenne entre celles des deux extrémités de l'arc, on aurait $s = bx = \frac{x}{\cos. i}$.

Cherchons le rapport de l'arc à sa projection. Il est évident que si à chaque instant la résistance de l'air cessait d'avoir lieu, le mobile décrirait une parabole; or, la vitesse pouvant être considérée comme constante au commencement de chaque élément infiniment petit, il en résulte que la trajectoire peut être considérée comme composée d'une infinité d'éléments paraboliques, dont les paramètres varient à tout moment par l'effet de la résistance de l'air.

$$\text{Soit } y = x \tan g. i - \frac{gx^2}{2V_{,}^2 \cos.^2 i}.$$

l'équation qui convient à un élément parabolique; l'origine étant transportée au commencement de cet élément, i étant l'angle de projection et $V_{,}$ la vitesse initiale, on aura :

$$\frac{dy}{dx} = z = \tan g. i - \frac{gx}{V_{,}^2 \cos.^2 i}; \text{ mais } ds = bdx = dx \sqrt{1 + z^2}.$$

$$\text{Or, on a dans la parabole } dz = -\frac{gdx}{V_{,}^2 \cos.^2 i}; \text{ partant}$$

$$dx = -\frac{V_{,}^2 \cos.^2 i}{g} dz \text{ et } ds = -\frac{V_{,}^2 \cos.^2 i}{g} dz \sqrt{1 + z^2}.$$

$$\text{Intégrant on a : } s = -\frac{V_{,}^2 \cos.^2 i}{g} \int dz \sqrt{1 + z^2},$$

$$\text{Mais l'équation } z = \tan g. i - \frac{gx}{V_{,}^2 \cos.^2 i} \text{ donne } x = (\tan g. i - z)$$

$$\frac{V_{,}^2 \cos.^2}{g} \text{ on a donc } \frac{s}{x} = -\frac{\int dz \sqrt{1 + z^2}}{\tan g. i - z} = b.$$

Tant qu'on ne considère qu'un élément infiniment petit, l'arc de parabole coïncide avec l'arc correspondant de la tra-

jectoire, mais, à mesure que les arcs augmentent, la coïncidence devient moins parfaite.

On arrive à une exactitude suffisante pour la pratique, en substituant à l'arc de la trajectoire celui de la parabole dont les tangentes extrêmes sont les mêmes.

On a $\int dz \sqrt{1+z^2} = \frac{1}{2}\left(z\sqrt{1+z^2} + \log\cdot\left(z + \sqrt{1+z^2}\right)\right) + c.$

A l'origine $z = tang.\ \alpha$, et l'on obtient : $-\int dz \sqrt{1+z^2} = \frac{1}{2}$ $\left[tang.\ \alpha \sqrt{1+tang.^2\alpha} + \log.\left(tang.\ \alpha + \sqrt{1+tang.^2\alpha}\right) - z\sqrt{1+z^2} - \log.\left(z + \sqrt{1+z^2}\right)\right].$

Si l'on prend l'intégrale depuis le point de projection jusqu'au sommet de la trajectoire où $z = 0$, on obtient $b_0 = \frac{1}{2}\sqrt{1+tang.^2\alpha} + \frac{1}{2\,tang.\ \alpha}\log.\left(tang.\ \alpha + \sqrt{1+tang.^2\alpha}\right).$

Quant à la valeur générale de b, on a $b =$

$$b = \frac{1}{2\,(tang.\,i - z}\left[(tang.\,i\sqrt{1+tang.^2 i} + \log.\left(tang.\,i + \sqrt{1+tang.^2 i}\right) - z\sqrt{1+z^2} - \log z + \sqrt{1+z^2}).\right]$$

Pour les trajectoires très-aplaties, la valeur de z varie entre des limites très-resserrées, et l'on arrive à des résultats très-rapprochés de la vérité en employant la formule b_0. Pareillement pour le tir des bombes, dans les limites des portées ordinaires, les deux branches de la trajectoire ne sont pas assez dissemblables pour que l'emploi de la valeur de b_0 produise des erreurs sensibles dans la pratique.

La quantité que nous avons appelée a, dans notre formule,

étant d'un calcul plus difficile que celui de la quantité b_0 voyons, s'il ne serait pas possible de les rattacher l'une à l'autre.

A cet effet, nous allons établir les équations du mouvement dans l'hypothèse de $ds = bdx$.

L'équation (a) devient alors

$$\frac{d.\,dx}{dt} = -\frac{nb^{\frac{5}{2}}\,dx^{\frac{5}{2}}\,dx\,dt}{dt^{\frac{5}{2}}\,b\,dx} = -\frac{nb^{\frac{3}{2}}\,dx^{\frac{5}{2}}\,dt}{dt^{\frac{5}{2}}};$$

d'où l'on tire : $$\frac{\frac{d.\,dx}{dt}}{\left(\frac{dx}{dt}\right)^{\frac{3}{2}}} = -nb^{\frac{3}{2}}dt$$

Or, b étant supposé constant dans le segment de la trajectoire que l'on considère, on a en intégrant $\frac{1}{\left(\frac{dx}{dt}\right)^{\frac{3}{2}}} = C_{,} + \frac{2}{5}nb^{\frac{3}{2}}t$,

à l'origine $t = o$, $\frac{dx}{dt} = V_0$, il viendra donc :

$$\frac{1}{v_0^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{V_0^{\frac{3}{2}}} = \frac{3}{2}b^{\frac{3}{2}}nt \text{ (A), on a } V_0 = \frac{dx}{dt} = \frac{1}{\left(\frac{5}{2}b^{\frac{3}{2}}nt + \frac{1}{V_0^{\frac{3}{2}}}\right)^{\frac{2}{3}}}$$

$$\text{et } dx = \frac{dt}{\left(\frac{3}{2}b^{\frac{3}{2}}nt + \frac{1}{V_0^{\frac{3}{2}}}\right)^{\frac{2}{3}}}$$

dont l'intégrale est :

$$x = C_{,,} + \frac{2}{nb^{\frac{3}{2}}}\left(\frac{3}{2}b^{\frac{3}{2}}nt + \frac{1}{V_0^{\frac{3}{2}}}\right)^{\frac{1}{3}} \text{ à l'origine } x = o,\ t = o \text{ et } C_{,,}$$

$$= \frac{2}{nb^{\frac{3}{2}}}\frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}} \text{ et partant } x = \frac{2}{nb^{\frac{3}{2}}}\left[\left(\frac{3}{2}\,b^{\frac{3}{2}}\,nt - \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^{3} - \frac{1}{V_0^{\frac{3}{2}}}\right]$$

d'où l'on tire :

$$t = \frac{2}{3nb^{\frac{3}{2}}}\left[\left(\frac{nb^{\frac{3}{2}}x}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^3 - \frac{1}{V_0^{\frac{3}{2}}}\right]$$

Comparant cette équation à l'équation (r) que nous avons rouvée précédemment, on voit qu'elles sont identiquement les mêmes; lorsqu'on remplace $b^{\frac{3}{2}}$ par a, on a donc $a = b^{\frac{3}{2}}$; et dans le cas où, comme Besout et d'Obeinheim, on se contente de la moyenne $b_0 \ldots a_0 = b_0^{\frac{3}{2}}$.

On passera de la table donnée par Besout à la fin de son 4e volume (*artillerie*), à celle des valeurs de α_0 en élevant à la puissance $\frac{3}{2}$ tous les nombres donnés par cet auteur. (Voir à la fin du chapitre la table des valeurs de b_0 appelés a par Besout et celle des valeurs de α_0 de notre formule.)

Lorsque le tir doit avoir lieu sous de petits angles, et même sous l'angle de 10°, l'emploi d'une valeur unique de a donnera des résultats peu différents de ceux qu'on obtiendrait en divisant l'arc en deux de 5°. Ainsi de 10 à 5° on trouve $b = 1.00898$, de 5 à 0° $b = 1.00127$ dont la moyenne est 1.00512, au lieu de $b_0 = 1.00516$ ou $b^{\frac{3}{2}} = a = 1.00769$, au lieu de $a = 1.00775$ différence à peine sensible.

L'emploi d'une valeur unique de a donne donc une quantité trop forte, et à cause de $s = a^{\frac{3}{2}}x$ on voit que les deux branches de la trajectoire seront trop étendues. Jusqu'au point de la branche descendante où l'inclinaison est égale à l'angle de projection, mais au delà, la valeur de z devenant de plus en plus grande, la quantité a devient trop petite et la portée se trouve diminuée.

Il résulte de là, que quand le tir doit avoir lieu sous de petits angles, la valeur de a subit si peu de variations qu'il est inutile d'y avoir égard, et que quand le tir a lieu soud es grands angles, il s'opère dans les deux branches de la courbe

des compensations qui permettent de supposer a constant pendant tout le trajet.

Pour construire graphiquement la trajectoire, on supposera cette courbe partagée en un certain nombre d'arcs, d'un certain nombre de degrés; ainsi, par exemple, l'angle de tir étant de 45° on pourra supposer les arcs de 5°.

Au moyen de la table 3. on calculera la valeur de b pour l'arc de 45 à 40°, et on en déduira celle $a = b^{\frac{3}{2}}$.

Connaissant a et z qui est ici *tang.* 40° on calculera l'abcisse x à l'aide de la formule (n) puis celle de y à l'aide de l'équation (q) de la trajectoire.

On pourra donc obtenir autant d'abcisses et d'ordonnées qu'on voudra, et construire ainsi la trajectoire par points. Le point où la courbe coupera l'axe des x donnera la portée.

Pour plus d'exactitude, et pour faciliter les calculs, on transportera successivement l'origine des coordonnées aux divers points de division, on calculera la vitesse restante pour $z = tang.\ 40°$, et cette vitesse deviendra vitesse initiale pour l'arc suivant, et l'angle de projection serait alors de 40°.... On obtiendra ainsi une suite d'abcisses et d'ordonnées... x_0 $x_{,}$ $x_{,,}$ $x_{,,,}$ y_0 $y_{,}$ $y_{,,}$ $y_{,,,}$.... et l'on aura $x = x_0 + x_{,} + x_{,,} + x_{,,,}$ etc... $y = y_0 + y_{,} + \ldots\ldots\ y_{,,} - y_{,,,} - \ldots\ldots$

En supposant dx constant, l'expression du rayon de courbure de la trajectoire est:

$$\rho = -\frac{(1+z^2)^{\frac{3}{2}}}{\frac{dz}{dx}}, \text{ mais on a par } dx = \frac{\left(\frac{2g}{5}\right)^{\frac{4}{5}} dz}{(C - naz)^{\frac{4}{5}}}; \text{substituant}$$

$$\text{on obtient } \rho = -\frac{(1+z^2)^{\frac{3}{2}}(C - naz)^{\frac{4}{5}}}{\left(\frac{2g}{5}\right)^{\frac{4}{5}}} \quad (u)$$

et en mettant à la place de C sa valeur il vient :

$$\rho = -(1+z^2)^{\frac{3}{2}}\left(na\ tang.\,\alpha - \frac{2g}{5V_0^{\frac{5}{2}}} - naz\right)^{\frac{4}{5}} (v).$$

$$\rho = -(1+z^2)^{\frac{3}{2}}\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{V_0^{\frac{1}{2}}}\right)^4 (v')\ \rho = -\frac{(1+z^2)^{\frac{3}{2}}}{v_0^2}.$$

A l'origine $\rho = -\frac{(1+tang.^2\alpha)}{V_0^2}$; au sommet de la courbe $\rho =$ $-\frac{1}{U_0^2}$; Au point. où l'on a $z = -\ tang.\,\alpha$....

$$\rho = -(1+tang.^2\alpha)^{\frac{3}{2}} \times \left(2na\ tang.\,\alpha - \frac{2g}{5V_0^{\frac{5}{2}}}\right)^{\frac{4}{5}} \ldots$$

La formule (n) donne le moyen de trouver une expression qui contient l'angle de plus grande portée, dans le cas d'un angle de chute égal à l'angle de projection.

Comme l'angle de plus grande portée varie avec la vitesse et la nature du projectile, il n'y aura pas d'autre moyen pour le déterminer, que de construire une série de trajectoires pour un même projectile lancé avec la même vitesse, et sous différentes inclinaisons.

La supposition de $V = \infty$ donne évidemment les limites extrêmes des portées qu'on peut obtenir avec un projectile donné.

L'équation de la trajectoire devient dans ce cas :

$$y = x\ tang.\,\alpha - \frac{2g\,n^4\,a^4\,x^6}{15.\ 2^6}$$

Pour $y = o$ on a $tang.\,\alpha = \frac{gn^4\,a^4\,x^5}{15\ 2^5}$ et $x = 2\sqrt[5]{\frac{15\ tang.\,\alpha}{gn^4\ a^4}}$.

Pareillement on a : $z = tang.\,\alpha - \frac{2gn^4\,a^4\,x^5}{5.\,2^5}$, et à cause de $\frac{g\,n^4\,a^4 x^5}{2^5} = 15\ tang.\,\alpha$, $z = tang\,\alpha - 6\ tang.\,\alpha = -5\,tang.\,\alpha$.

valeur qui permettra de calculer a et partant la valeur de x, qui sera la limite extrême de la portée à laquelle pourra atteindre un projectile donné, pour un angle de tir connu, puisqu'il n'est pas possible que la vitesse soit jamais infinie.

La formule $x = 2\sqrt[5]{\dfrac{15\,tang.\alpha}{gn^4a^4}}$ montre qu'il y a un angle de plus grande portée qu'on ne peut obtenir que par des tâtonnements successifs.

Pour $\alpha = o$, $x = o$ et $a = 1$, à mesure que α augmente, la portée augmente; mais a croissant en fonction de *tang.* α et étant à la 4e puissance, la valeur de x décroît assez rapidement, et c'est à peu près pour $\alpha = 11°\frac{1}{2}$ que x est à son maximum.

La formule $x = 2\sqrt[5]{\dfrac{15\,tang.\alpha}{gn^4a^4}}$ montre qu'il y a, pour chaque espèce de projectile et pour une inclinaison donnée, une limite qu'il n'est pas possible de franchir; quelle que soit la grandeur de la charge employée et la force de la poudre.

Examinons maintenant si en développant le binôme dans les valeurs de y, de z et de t, on n'arriverait pas à quelques simplifications utiles.

Les équations que nous avons trouvées précédemment sont :

$$y = x\,tang.\alpha + \frac{2gx}{5na\,(\sqrt{cos.\alpha})^{\frac{5}{2}}} - \frac{2g}{15n^2a^2}\left[\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{\sqrt{\sqrt{cos.\alpha}}}\right)^6 - \frac{1}{\sqrt{^3}cos^3\alpha}\right]$$

$$z = tang.\alpha + \frac{2g}{5na(\sqrt{cos.\alpha})^{\frac{5}{2}}} - \frac{2g}{5na}\left[\frac{nax}{2} + \frac{1}{\sqrt{\sqrt{cos.\alpha}}}\right]^5$$

$$v = \frac{1}{cos.}\,\frac{1}{\left(\dfrac{nax}{2} + \dfrac{1}{\sqrt{\sqrt{cos.\alpha}}}\right)^5}$$

$$t = \frac{2}{3na}\left[\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{\sqrt{\sqrt{cos.\alpha}}}\right)^3 - \frac{1}{(\sqrt{cos.\alpha})^{\frac{3}{2}}}\right]$$

Effectuant les multiplications et réductions, on trouve :

$$\text{(A)}\ y = x\ tang.\,\alpha - \frac{gx^2}{2\,V^2 cos.^2\alpha}\left\{1 + \frac{nax}{3}\sqrt{V\,cos.\,\alpha} + \frac{n^2a^2x^2 V cos.\,\alpha}{4} + \frac{n^3a^3x^3 (V cos.\,\alpha)^{\frac{3}{2}}}{20} + \frac{n^4n^4x^4V^2cos.^2\alpha}{240}\right.$$

$$\text{(B)}\ z = tang.\,\alpha - \frac{gx}{V^2\,cos.^2\,\alpha}\left\{1 + nax\sqrt{V cos.\,\alpha} + \frac{n^2a^2x^2 V cos.\,\alpha}{2} + \frac{n^3a^3x^2\,(V\,cos.\,\alpha)^{\frac{3}{2}}}{8} + \frac{n^4a^4x^4V^2cos.^2\alpha}{80}\right.$$

$$\text{(C)}\ v = \frac{\sqrt{1+z^2}}{\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{\sqrt{V cos.\,\alpha}}\right)^2} = \frac{V cos.\,\alpha}{cos.\,\omega}\,\frac{1}{\left(\frac{nax}{2}\sqrt{V cos.\,\alpha} + 1\right)^2}$$

$$\text{(D)}\ t = \ldots \frac{x}{V cos.\,\alpha}\left(1 + \frac{nax}{2}\sqrt{V cos.\,\alpha} + \frac{n^2a^2x^2 V\,cos.\,\alpha}{12}\right)$$

Et si l'on appelle Y, Y′, U, T les fonctions comprises entre parenthèses, il viendra :

$$y = x\,tang.\,\alpha - \frac{gx^2}{2V^2cos.^2\alpha}\ Y\ \text{(I)}.$$

$$z = tang.\,\alpha - \frac{gx}{V^2cos.^2\alpha}\ Y'\ \text{(II)}.$$

$$v = \frac{V\,cos.\,\alpha}{U\,cos.\,\omega}\ \text{(III)};\ t = \frac{x}{V cos.\,\alpha}\ T\ \text{(IV)}.$$

équations qui se rapportent à celles du mouvement parabolique modifié par la résistance de l'air.

Cela posé, nous remarquerons que les fonctions Y Y′ U et T se réduisent à l'unité quand on suppose que $n = o$, ou que le mouvement a lieu dans le vide. Dans ce cas, les équations I, II, III et IV sont exactement celles qui conviennent au mouvement parabolique, ce qui doit être.

Nous observerons en outre, que, la quantité n est une fraction qui peut être représentée par $\frac{1}{c}$, c étant exprimé en mè-

tres, ou en général, en fonction de l'unité de mesure dont on fait usage. Il en résulte que les quantités nax, $n^2a^2x^2$... etc., ont réellement la forme $\frac{ax}{c}$, $\frac{a^2x^2}{c^2}$... et qu'on peut les considérer comme des nombres abstraits, indépendants de l'unité de mesure et de l'espèce de projectile dont on fait usage. Ainsi la valeur $\frac{ax}{c} = nax$ étant donnée, on pourra, en faisant varier convenablement les distances et les projectiles, avoir $nax = n'a'x'$ $= n''a''x'' = n'''a'''x'''$...... Quant aux angles de tir et aux vitesses initiales, il faudra qu'on ait en même temps $V\cos.\alpha =$ $V'\cos.\alpha' = V''\cos.\alpha'' = V'''\cos.\alpha'''$.....

Il résulte de là que les fonctions Y, Y', U et T ont un caractère de généralité qui les rend applicables à tous les calibres, et qu'il est possible d'en dresser des tables présentant les calculs tout faits, des quantités Y, Y', U et T pour des valeurs de nax et de $V\cos.\alpha$ suffisamment rapprochées les unes des autres. Ces tables, à double entrée, comme celles de multiplication, présentent à l'intersection des deux colonnes, horizontale et verticale, la fonction qui correspond aux deux arguments qui ont servi à y entrer, de la même manière que, dans une table de multiplication, le produit qu'on cherche, se trouve à l'intersection des deux colonnes qui renferment les facteurs donnés.

Mais on conçoit qu'il ne serait pas possible de rédiger des tables assez étendues pour présenter toutes les valeurs imaginables de nax et de $V\cos.\alpha$. Il devient donc nécessaire d'intercaler entre les données des tables les valeurs intermédiaires dont on peut avoir besoin; cette intercalation se fait par de simples proportions, et d'une manière tout à fait analogue à ce qui se pratique pour les tables de logarithmes.

L'idée de ces tables, qui est sans contredit une fort belle

chose, appartient à notre savant et modeste camarade Didion; les tables qu'on déduirait de nos formules coïncidant, presque complétement, avec celles de M. Didion, nous renverrons provisoirement le lecteur au traité de balistique de cet auteur.

On sait combien la théorie du mouvement parabolique avait jeté de profondes racines chez les anciens artilleurs. On sentait alors comme aujourd'hui, tout l'avantage que des formules d'un calcul facile pourraient procurer pour établir les règles du tir des armes à feu. Les formules précédentes et les tables de M. Didion répondent à ce besoin de la pratique, et un officier peut facilement écrire les formules du mouvement dans l'air, du moment où il se rappelle celles du mouvement dans le vide.

Pour passer d'une bouche à feu à une autre, on posera d'abord :

$$y = x\, tang.\, \alpha - \frac{gx^2}{2V^2 cos.^2 \alpha} Y \ldots$$

Pour un autre projectile lancé sous un autre angle on aurait :

$$y' = x'\, tang.\, \alpha' - \frac{gx'^2}{2V'^2 cos.^2 \alpha'} Y' \ldots$$

Or, si nous admettons qu'on ait $nax = n'a'x'$ et $V\, cos.\, \alpha, = V'\, cos.\, \alpha'$, nous aurons $Y = Y'$ et :

$\frac{x\, tang.\, \alpha - y}{x'\, tang.\, \alpha' - y'} = \frac{x^2}{x'^2}$, formules qui avec $nax = n'a'x'$ et $V\, cos.\, \alpha = V'\, cos.\, \alpha'$, établiront la concordance entre le tir des deux projectiles.

Si l'on avait $y = o$ et $y' = o \ldots$ il viendrait $\frac{tang.\, \alpha}{tang.\, \alpha'} = \frac{x}{x'} = \frac{n'a'}{na}$. Dans le tir sous de petits angles on a $a = a' = 1$ et sensiblement $cos.\, \alpha = cos.\, \alpha' = 1$, et partant $\frac{tang.\, \alpha}{tang.\, \alpha'} = \frac{n'}{n}$.

La formule $v_0 = \left(\frac{1}{\frac{nax}{2} + \frac{1}{\sqrt{\sqrt{\cos.\alpha}}}}\right)^2$ fait voir que les vitesses restantes des projectiles, aux distances x et x', sont les mêmes dans ce cas.

L'accord de cette formule avec les résultats de l'expérience n'est pas aussi parfait qu'on pourrait l'espérer, à moins que les tables de tir de l'artillerie ne soient très-défectueuses, ce qui n'est pas présumable. Toutefois nous proposerons, dans le chapitre 4, un moyen pour établir la concordance entre la théorie et la pratique.

Si les formules précédentes laissent encore à désirer pour passer d'un calibre à un autre, elles sont très-précieuses pour calculer tout ce qui est relatif à un projectile donné, du moment où l'on a deux, ou même une seule expérience bien faite, pour servir de point de départ, ce qui a presque toujours lieu dans les expériences de balistique.

Nous terminerons ce chapitre par les tableaux des valeurs que nous avons appelées a, b, a_0, b_0.....

Tableau des valeurs de b *et de* a *pour des arcs de différentes grandeurs.*

	b.		*a.*	
Arcs de 5°.	75 à 70	3.39164	75 à 70	6.24619
	70 à 65	2.64322	70 à 65	4.29733
	65 à 60	218221	65 à 60	3.22364
	60 à 55	1.87047	.	2.55834
	55 à 50	1.64854	.	2.11664
	50 à 45	1.48403	.	1 80786
	45 à 40	1.35895	.	1.58418
	40 à 35	1.26229	.	1.46804
	35 à 30	1.18698	.	1.29320

	b.		a.	
Arcs de 5°.	30 à 25	1.12832	30 à 25	1.19853
	25 à 20	1.08309	.	1.12719
	20 à 15	1.04904	.	1.07445
	15 à 10	1.02470	.	1.03728
	10 à 5	1.00898	.	1.01349
	5 à 0	1.00127	.	1.00191
Arcs de 10°.	80 à 70	4.33124	80 à 70	9.01400
	70 à 60	2.45597	.	3.84889
	60 à 50	1.77304	.	2.36089
	50 à 40	1.42781	.	1.70610
	40 à 30	1.22694	.	1.35905
	30 à 20	1.10663	.	1.16414
	20 à 10	1.03718	.	1.05628
	10 à 0	1.00516	.	1.00775
Arcs de 15°.	75 à 60	2.91662	75 à 60	4.98103
	60 à 45	1.69734	.	2.78325
	45 à 30	1.27720	.	1.44340
	30 à 15	1.08873	.	1.13601
	15 à 0	1.08171	.	1.01782

Tableau des valeurs de a_0.

degrés.		degrés.		degrés.	
0	1.00000	15	1.01781	30	1.08063
1	1.00007	16	1.02038	31	1.08712
2	1.00030	17	1.02314	32	1.09395
3	1.00068	18	1.02609	33	1.09744
4	1.00121	19	1.02927	34	1.10889
5	1.00191	20	1.03265	35	1.11633
6	1.00276	21	1.03628		
7	1.00376	22	1.04012	36	1.12558
8	1.00493	23	1.04421	37	1.13466
9	1.00628	24	1.04856	38	1.14466
10	1.00773	25	1.05281	39	1.15371
11	1.00940	26	1.05806	40	1.16519
12	1.01124	27	1.06323	41	1.17661
13	1.01324	28	1.06871	42	1.18871
14	1.01558	29	1.07450	43	1.20159

degrés.		degrés		degrés.	
44	1.21518	60	1.62143	76	3.55265
45	1.22965	61	1.66745	77	3.89001
46	1.24519	62	1.71773	78	4.29992
47	1.26153	63	1.77290	79	4.80599
48	1.27897	64	1.83357	80	5.44270
49	1.29776	65	1.90054	81	6.26248
50	1.31764	66	1.97477	82	7 34800
51	1.33898	67	2.05732	83	8.83687
52	1.36185	68	2.14963	84	10.97440
53	1.38613	69	2 25324	85	14.23580
54	1.41272	70	2.37025	86	19.66305
55	1.44177	71	2.50312	87	31.47209
56	1.47165	72	2.65502	88	54.63013
57	1.50469	73	2.82993	89	153.68621
58	1.54045	74	3.03300	90 $\frac{2}{5}$	(infini) $\frac{3}{2}$
59	1.57922	75	3.27088	89 59′	71264.75

Tableau des valeurs de b_0.

degrés.		degrés.		degrés.	
0	1.00000	20	1.02165	40	1.10730
1	1.00005	21	1.02404	41	1.11452
2	1.00020	22	1.02657	42	1.12215
3	1.00045	23	1.02926	43	1.13022
4	1.00081	24	1.03212	44	1.13875
5	1.00127	25	1.03514	45	1.14777
6	1.00184	26	1.03834	46	1.15741
7	1.00251	27	1.04172	47	1.16752
8	1.00328	28	1.04530	48	1.17826
9	1.00417	29	1.04907	49	1.18973
10	1.00516	30	1.05306	50	1.20189
11	1.00626	31	1.05727	51	1.21483
12	1.00748	32	1.06171	52	1.22862
13	1.00881	33	1.06640	53	1.24333
14	1.01036	34	1.07134	54	1.25903
15	1.01184	35	1.07596	55	1.27583
16	1.01354	36	1.08206	56	1.29381
17	1.01536	37	1.08787	57	1.31310
18	1.01732	38	1.09400	58	1.33382
19	1.01942	39	1.10001	59	1.35612

degrés.		degrés.		degrés.	
60	1.38017	71	1.84355	82	3.77960
61	1.40618	72	1.91740	83	4.27430
62	1.43129	73	2.00071	84	4.93833
63	1.46484	74	2.09531	85	5.87383
64	1.49807	75	2.20349	86	7.28508
65	1.53433	76	2.32824	87	9.90478
66	1.57402	77	2.47344	88	14.39754
67	1.61759	78	2.64428	89	28.09136
68	1.66562	79	2.84788	90	$\frac{1}{2}$ infini.
69	1.71872	80	3.09418		
70	1.77772	81	3.39753		

Tang. 99° 59′ = 3437.74600

b_0 = 1718.87224

JOURNAL
DES
ARMES SPECIALES.

EXPÉRIENCES DE BAPAUME.

DEUXIÈME PARTIE:

DE L'EXÉCUTION DES BRÈCHES PAR LA MINE.

(Suite.)

5e SÉRIE. — DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE BRÈCHES A PLUSIEURS FOURNEAUX CONTRE LES ESCARPES. (Exp. 4, 8, 18, 29, 10, 9.)

Expérience n° 4 (pl. 3, fig. 5, 6, 7, 8). A la face droite de la demi-lune 14. Faire deux fourneaux dont la charge soit une fois 1/4 celle du fourneau ordinaire, en les espaçant de trois fois leur ligne de moindre résistance, pour constater le recroisement des entonnoirs dans le cas des brèches.

86. On voulait dans cette expérience reconnaître jusqu'à quel point deux fourneaux pourraient être éloignés sans cesser de renverser l'escarpe intermédiaire entre eux. On avait trouvé faible la charge $c = 1,45\,h^3$ (exp. 2, § 73) : on arrêta qu'on porterait celles-ci à 1/4 en sus, ce qui était aussi conforme aux conclusions du § 11, et déterminait la charge par la formule $c = \frac{5}{4} 1,45\,h^3 = 1,82\,h^3$.

Dans le terre-plein de la face droite de la demi-lune 14 on fit deux puits et deux rameaux de manière à arriver à des fourneaux de 5 mètres, de ligne de moindre résistance du côté des maçon-

neries avec une hauteur de terre de 7^m,50 au-dessus d'eux ; ces fourneaux furent chargés de 227 kilog. $= \frac{5}{4}\,1{,}45\,h^3 = \frac{5}{4}\,1{,}45.\,5^3$. Les rameaux et les puits étaient bourrés, et le compassement des feux fait par le haut ; l'explosion ayant eu lieu, l'escarpe fut complétement renversée entre les deux fourneaux ; les brèches très praticables se joignaient par le bas et n'étaient séparées au sommet que par un petit môle de terre ; l'angle de gorge dont le fourneau de gauche était éloigné de 12 mètres fut fortement ébranlé et brisé ; la largeur de la brèche était de 25 mètres, son talus de 20°, le rayon des entonnoirs de 5^m,25 en moyenne ; l'explosion s'était partagée entre l'escarpe et le terre-plein de la demi-lune. Les bords de l'entonnoir sur le terre-plein étaient couverts de terre projetée : le renversement de l'escarpe fut loin de diminuer l'action vers le terre-plein, puisque le calcul aurait donné pour les fourneaux en terre horizontale des rayons d'entonnoir plus faibles que ceux observés.

Expérience n° 8 (pl. 5, fig. 1, 2, 3, 4, 5). Faire brèche à la courtine 2-3 en suivant le dispositif de Vauban.

87. On a vu au § 11 les difficultés que présentaient les préceptes de Vauban relativement aux brèches : on ne connaît pas de description détaillée d'une

expérience faite suivant son dispositif. On a vu aussi au même paragraphe la difficulté qu'il y avait à comprendre parfaitement ses préceptes; suivant les conclusions de ce paragraphe, on chercha à les interpréter, à les compléter, et on en fit l'application à la courtine 2-3.

Cette courtine, fig. 1, 2, 3, 4, avait $10^{m},60$ d'escarpe, la crête du parapet était de $5^{m},50$ au-dessus de son sommet, l'épaisseur à l'entrée du rameau était de $3^{m},18$, au sommet $1^{m},25$ et un peu plus bas $2^{m},30$; le talus extérieur était au 1/6, le talus intérieur était au 1/10, les contre-forts fondés probablement plus haut que le fond du fossé n'ont pas été trouvés; le parement était bon et sans écorchement. On fit deux entrées à 3 mètres de distance, conformément à l'avis du comité des fortifications, § 8 et 70; on ne divisa pas les fourneaux, on leur donna 5 mètres de ligne de moindre résistance et on les logea dans des retours de $3^{m},50$, écartés l'un de l'autre de 10 mètres; tout le dispositif fut exécuté en 40 heures; la charge était de $\frac{5}{4}\,1,45\,h^{3}=228^{k}$. Les fourneaux, quoique compassés avec le saucisson Larivière, partirent à 25 secondes d'intervalle; l'escarpe fit ventre, fut renversée, et les terres s'écroulèrent avec un bruit faible, sourd, et sans fumée; la projection maximum des débris fut de 18 mètres. Le cube déblayé fut 710 mètres, le cube remblayé 1080 mètres; le talus de la brè-

che, de 26° moyennement, était praticable sauf quelques escarpements, dans le haut, déterminés par les restes d'une ancienne maçonnerie située en arrière de l'escarpe. La longueur totale de la brèche était de 24 mètres; le rayon de l'entonnoir était de 6 mètres à gauche en regardant la brèche, et de 8 mètres à droite, ou en moyenne de 7 mètres; toute l'action du fourneau s'était bien portée du côté de l'escarpe; le déblai dans la partie supérieure en arrière des fourneaux provenait de l'éboulement des terres ébranlées.

Cette brèche doit être regardée comme bien faite; il faut remarquer qu'on n'a pas eu égard à la grande surcharge du parapet, $5^m,5$; et aussi qu'avec une projection faible le rayon de l'entonnoir était de 7 mètres pour une ligne de moindre résistance de 5 mètres, c'est-à-dire qu'on avait $n = \frac{7}{5} = 1,40$. Si l'on cherchait par la formule $\frac{T^3}{t^3} = \frac{228}{c}$ la valeur de c pour $t = 5$, T étant égal à 7 mètres on trouverait $c = 228 \frac{125}{343} = 83$, charge qui devrait produire, si la formule est applicable, un entonnoir ordinaire contre des maçonneries. Il serait intéressant de vérifier cette conclusion par une expérience : il est probable que, dans ce cas, la projection ne serait plus suffisante.

Expérience n° 18 (pl. 10, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6). Brèche par la poudre aux deux faces du bastion en suivant le dispositif de Cormontaigne.

88. On ne connaît aucun exemple de l'application de la méthode indiquée par Cormontaigne, bien qu'on ait employé le fourneau en arrière qui la caractérise, à Anvers en 1832, à Metz en 1834 et probablement ailleurs. A Metz le fourneau en arrière avait fait mauvais effet, mais le dispositif ne pouvait être considéré comme étant celui de Cormontaigne. A Anvers le fourneau était à peine en arrière et tout le dispositif était également différent; il y avait donc lieu d'expérimenter celui de Cormontaigne.

Le saillant du bastion 2 fut choisi pour l'expérience, il avait 11 mètres d'escarpe; la maçonnerie en moellons avec parement de briques était en bon état, le mortier formé de chaux grasse et d'une arène légèrement hydraulique était très dur; le talus extérieur était au 1/6, le talus intérieur au 1/10, l'épaisseur au sommet de $2^m,50$.

Pour la première ligne de fourneaux on fixa la ligne de moindre résistance à $5^m,50$, moitié de la hauteur d'escarpe.

Le mineur fut attaché sur les deux faces. Le fond du rameau fut tenu horizontal et à $0^m,70$ au-dessus du fond du fossé, comme dans les dessins de Cormontaigne; les fourneaux de la première ligne furent espacés de 11 mètres double

de la ligne de moindre résistance, les fourneaux de la deuxième ligne furent mis sur le milieu des intervalles de ceux de la première et à 5^{m},50 en arrière. Les charges furent réglées comme pour le fourneau ordinaire en terre ordinaire, ce qui donne 242 kilogrammes pour chacune, tous les fourneaux étaient réunis par des saucissons Larivière. Tout le dispositif avec bourrage en terre fut exécuté en 37 heures par 4 brigades et un sergent.

L'explosion eut lieu presque simultanément sur les 2 faces, l'escarpe s'ouvrit de chaque côté sans bruit, les débris furent projetés jusque vers la contrescarpe, une partie du massif intérieur du saillant resta debout, penchée en arrière ; chaque brèche avait une largeur de 28 mètres. Le talus au 1/2 dans le bas s'aplanissait dans le haut ; la brèche de gauche présentait vers la crête du parapet un ressaut de plus de 2^{m},00 qui ne laissait qu'un passage étroit ; des crevasses larges et nombreuses existaient à 10 mètres au delà ; la brèche de droite était meilleure, mais elle avait aussi des crevasses ; le rayon de l'entonnoir déterminé par la distance des fourneaux extrêmes aux limites de la brèche, avait 9^{m},15 ; la projection moyenne était de 22^{m},00.

On voit qu'on avait encore, sous le rapport du rayon de l'entonnoir, un vrai fourneau surchargé avec $n = 1,45$, tandis que la projection des débris était très faible.

Il y a lieu de se demander si le fourneau en arrière n'était pas cause du ressaut qui s'est manifesté dans le haut des deux brèches, ce qu'il aurait fait en poussant la terre trop en avant; ici, comme à Metz (§ 31), son effet aurait été nuisible.

Si on supposait la formule 6 du paragraphe 53, qui sert à déterminer les charges en terrain horizontal, applicable également au cas des escarpes, les charges seraient aussi pour les escarpes proportionnelles aux cubes des rayons des entonnoirs, et la charge qui produirait l'entonnoir ordinaire ne serait d'après cette expérience que de 47 kilogrammes; mais il est probable que cela serait trop faible, surtout pour ouvrir l'escarpe dans toute sa hauteur, et projeter les terres.

Expérience n° 29 à la face droite du bastion 2. Brèche par le pyroxyle en suivant le dispositif de Cormontaigne (pl. 16, fig. 4, 5, 6).

89. La face droite du bastion 2 à 11^m,40 de hauteur 2^m,65 d'épaisseur à la base, 2 mètres au sommet avec talus extérieur au 1/6 et talus intérieur au 1/10; on trouva dans le bas des contre-forts irréguliers, espacés de 6 mètres environ, ayant 2 mètres de queue, 2^m,40 d'épaisseur à la racine; le parement de briques était en bon état. On fit deux entrées comme dans l'expérience précédente; on plaça les fourneaux de la même manière, c'est-à-dire à 11 mètres l'un de l'autre avec une ligne de

moindre résistance de $5^m,50$, le troisième fourneau au centre en arrière des deux autres de $5^m,50$.

Il restait à employer du pyroxyle ordinaire, du pyroxyle filé qu'on regardait comme équivalent au premier et du pyroxyle nitré qu'on regardait comme moins fort.

On plaça dans le fourneau de droite les 100 kilog. restant du pyroxyle filé avec 45 kilog. de pyroxyle ordinaire formant 145 kilog., correspondant à la charge 242 kilog. de l'expérience n° 18, multipliés par le coefficient 0,60 ; on plaça dans le fourneau de gauche 172 kilog. de pyroxyle nitré avec 8 kilog. de pyroxyle ordinaire formant 180 kilog., correspondant également à la charge 242 kilog. multipliée par le coefficient 0,74. Comme dans l'expérience n° 14, bien qu'il y eût été reconnu comme fort : le fourneau en arrière était composé comme le fourneau de gauche. Tout le pyroxyle était comprimé dans des barils de 25 kil. de poudre coupés en deux ; la densité du pyroxyle pur était ainsi de 0,32. Pour faire le pyroxyle nitré on saupoudrait simplement de nitre le pyroxyle en le mettant dans le baril par couches de $0^m,03$, et de manière que le rapport du pyroxyle au nitre fût celui de 100 à 82 (§ 45 et 51) ; les 8 kilogrammes de pyroxyle ordinaire des fourneaux de gauche et du centre étaient destinés à bien établir les communications du feu. Tout le dispositif fut exécuté en 27 heures 40 minutes.

Le feu ayant été mis, la maçonnerie s'est ouverte et a été projetée sur une grande longueur; l'orillon voisin a été entièrement lézardé même dans la partie, vis-à-vis l'escarpe de la courtine; la brèche de 34 mètres de largeur présentait un talus de 23 degrés parfaitement praticable, avec son sommet bien disposé pour recevoir un nid de pie, selon l'expression de Cormontaigne; le rayon de l'entonnoir déterminé par la distance du fourneau aux extrémités de la brèche était de 10 mètres à droite et 11 mètres à gauche; les rapports des rayons d'entonnoirs à la ligne de moindre résistance étaient donc 2 pour le pyroxyle nitré et 1,82 pour le pyroxyle ordinaire.

Cette expérience comparée à celle n° 18 où le rayon d'entonnoir était seulement de 9^{m},50, montre que les coefficients 0,60 et 0,74 étaient trop forts et pouvaient être réduits à 0,50 pour le pyroxyle et à 0,60 pour le pyroxyle nitré. En effet, d'un côté, la charge de poudre 242 kilog. de l'expérience 18 qui a produit un entonnoir de 9^{m},50 de rayon correspond à 121 kilog. de pyroxyle avec le coefficient 0,50; d'un autre côté, si d'après la formule 6 *bis* § : 53 et le résultat de l'expérience 29 où 145 kilog. de pyroxyle ont donné un entonnoir de 10 mètres de rayon, on cherche la charge x de pyroxyle qui donnerait le rayon d'entonnoir 9^{m},5 de l'expérience 18, on trouve 145 : x : : 10^3 : 9^3 5, d'où $x = 122$ kilog. Ce résultat étant sensi-

blement égal aux 121 kilog. trouvés plus haut montre que le coefficient 0,50 est bien celui du pyroxyle.

En faisant un calcul analogue pour le pyroxyle nitré dont la charge 180 kilog. a produit un entonnoir de $10^{m},50$ de rayon, on trouve que pour faire un entonnoir de $9^{m},5$ il en aurait fallu 133 kilog., chiffre égal à la charge 242 kilog. de poudre, de l'expérience n° 18, multipliée par le coefficient 0,54 d'où résulterait pour le pyroxyle nitré un coefficient 0,54 peu supérieur à celui du pyroxyle. Ce résultat, pareil à celui de l'expérience 14, § 64, est une confirmation nouvelle des conclusions de M. Combes, § 45, dans les carrières où il regardait ces deux pyroxyles comme à peu près équivalents.

Si, en comparant le pyroxyle à la poudre on a trouvé le coefficient du pyroxyle de 1/6 trop fort, en examinant la brèche de l'expérience 29, en elle-même, on doit convenir qu'elle était mieux faite que celle en poudre, et on en conclura qu'il est convenable dans le dispositif de Cormontaigne d'augmenter la charge de 1/5. L'augmentation du coefficient du pyroxyle, porté à 0,60 au lieu de 0,50, correspondait précisément à l'augmentation de 1/5 de la charge.

Le coefficient du pyroxyle nitré étant peu différent de celui du pyroxyle ordinaire, on voit que le pyroxyle nitré sera non-seulement économique,

mais présentera l'avantage de réduire le volume de sa charge même au-dessous de celui de la charge en poudre, puisque le volume du pyroxyle nitré, à égalité de poids, est beaucoup moins grand que celui du pyroxyle ordinaire.

Expérience n° 10 à la face gauche du bastion 2. Brèche par la poudre, dispositif conclu par la commission de la discussion des expériences connues. (Pl. 5, fig. 1, 2, 3.)

90. On devait dans ce dispositif amorcer le trou du mineur au moyen d'une pièce de 12; mais cet essai fut ajourné pour être l'objet d'une expérience à part, qui fut faite effectivement sous le n° 26 et qui réussit.

On fit deux entrées par le mineur, conformément à l'avis du comité des fortifications, § 8, à 3 mètres de distance l'une de l'autre, pour être sûr de ne pas rencontrer de contre-fort au moins dans une des entrées.

L'entrée du rameau fut placée à 1 mètre au-dessus du sol; cela fit reconnaître qu'il valait mieux pour la commodité du mineur ne l'amorcer qu'à $0^{m},60$. Ce rameau fut conduit avec une légère pente pour relever d'autant le fourneau. On ne regardait pas comme utile de loger les poudres dans les maçonneries, conformément aux idées de Vauban et de Cormontaigne et à celles des ingénieurs au siége d'Anvers; on voulait aller vite avant tout : on décida donc que les rameaux seraient placés en

arrière des contre-forts, ce qui en même temps les mettrait assez loin pour bien remuer les terres. Dans la crainte de voir un morceau de contre-fort rester debout et obstruer la brèche, on résolut de mettre un fourneau vis-à-vis chaque contre-fort. La charge des fourneaux extrêmes fut réglée à 1/4 en sus de celle du fourneau ordinaire, comme aux expériences 4 et 8, § 86 et 87; à Metz en 1834, où la charge était moitié en sus, l'effet avait paru un peu fort. La charge du fourneau du centre fut réduite aux 2/5 à cause du recroisement des entonnoirs conformément à la règle admise par les mineurs (Aide-mémoire du capitaine Laisné, page 257).

L'escarpe avait $11^m,45$ de hauteur, son épaisseur au sommet était $1^m,60$, à l'entrée du rameau $2^m,90$, son talus extérieur au 1/5,4 et l'intérieur au 1/10; le contre-fort de gauche, le seul qui fût complet, avait $2^m,30$ de queue, $1^m,70$ d'épaisseur à la racine $1^m,50$ à la queue. La crête du parapet était à 3 mètres au-dessus du sommet de l'escarpe. La maçonnerie était bonne, sauf le parement sur une demi-brique d'épaisseur, le massif du mur était en moellons de craie, la queue des contreforts était à $5^m,27$ du parement, ce qui donnait $5^m,50$ pour la ligne de moindre résistance. Tout le dispositif fut exécuté en 41 heures par 3 brigades de 4 mineurs et 2 sergents.

Le feu ayant été mis, le fourreau de gauche a fait explosion immédiatement; 12 secondes après celui

du centre en a fait une deuxième, et enfin celui de droite est parti le dernier.

L'escarpe avait fait un ventre prononcé à l'explosion du premier fourneau, s'était brisée et les terres s'écoulaient déjà avant l'explosion des deux autres. Le talus de la brèche était en moyenne de 27 degrés. Le rayon de l'entonnoir déterminé par la distance des fourneaux extrêmes aux limites de la brèche était de 9 à 7 mètres moyennement 8 mètres, la projection *maxima* des débris de 20 mètres.

La brèche de 29 mètres de largeur était bien également ouverte; le ressaut de 1^{m},20 qu'elle avait dans le haut n'aurait pas été un obstacle pour un assaut de vive force, et il aurait favorisé le couronnement du nid de pie. La brèche peut donc être considérée comme bien faite; l'explosion successive des fourneaux paraît n'avoir pas changé leur effet.

Expérience n° 17. Même dispositif que dans l'expérience n° 10, mais en employant le pyroxyle. (Planche 16, fig. 1, 2, 3.)

91. On choisit pour cette expérience la courtine 2—3 dont la hauteur d'escarpe était à peu près la même que celle du bastion 2, mais qui présentait une surcharge de 5^{m}, 30 de terre. L'épaisseur de l'escarpe était de 2 mètres au sommet, 3^{m},15 à l'entrée du rameau. On prit la même ligne de moindre résistance 5^{m},50 qu'au bastion n° 2, on fit 2 entrées, on ne trouva qu'un seul contre-fort: on plaça

les 4 fourneaux sans avoir égard à ce contre-fort.

On ne réduisit pas la charge du milieu, afin de juger l'influence de la réduction faite dans l'expérience précédente ; tout le dispositif fut fait en 36 heures par 3 brigades de 1 sergent et 4 mineurs chacune.

Le pyroxyle était dans des demi-tonneaux, comprimé au 1/4 de son volume primitif, c'est-à-dire à la densité de 0,32. Du pyroxyle était placé dans les intervalles pour la communication du feu.

Le feu ayant été mis, une explosion eut lieu, la maçonnerie fut projetée fortement ; la largeur de la brèche était de 16 mètres avec un talus de 26° sur 9 mètres de hauteur, se raccordant dans le haut avec une partie de talus à 45° et avec de larges crevasses en arrière. Ce résultat, quant à la largeur de la brèche, était fort inférieur à ce qu'on attendait ; mais on reconnut qu'un seul fourneau, celui du centre, avait fait explosion. Cet effet a dû tenir à ce que quelques parties du saucisson Larivière, mal préparées ou avariées par le voyage, auraient fusé et permis à la première explosion de briser ce saucisson avant la communication du feu.

Pour un seul fourneau, la brèche était fort belle, le rayon de l'entonnoir était de 8 mètres, c'est-à-dire le même que dans l'expérience 10 en poudre. Le coefficient du pyroxyle 0,50 était donc bon. Dans le haut, la brèche était plus raide et moins évasée que dans l'expérience n° 10. Cela peut être

attribué à la surcharge en terre; il y aurait eu lieu d'en tenir compte en poussant la charge plus avant dans les terres, en lui donnant $6^m,50$ de ligne de moindre résistance, moitié de la distance du fourneau au terre-plein et en la faisant par conséquent plus forte et plus propre à bien remuer et à bien ébouler les terres.

Récapitulation et conséquences des expériences 4, 8, 18, 29, 10, 17.

92. En récapitulant les expériences 4, 8, 18, 29, 10 et 17 relatives aux brèches à plusieurs fourneaux, on voit, dans l'expérience 4, qu'à la distance de 3 fois la ligne de moindre résistance et à la charge de 5/4 *c*, *c* étant la charge pour la terre ordinaire, deux fourneaux renversent toute l'escarpe intermédiaire; mais en laissant dans le milieu une portion de terre trop raide pour que la brèche soit partout praticable.

Système de Vauban.

93. Que, dans le dispositif de Vauban (expérience 8), deux fourneaux chargés de même à 5/4 *c*, espacés de deux fois la ligne de moindre résistance, donnent une brèche praticable dans l'étendue correspondant à l'intervalle des deux fourneaux.

Système de Cormontaigne.

94. Que, dans le dispositif de Cormontaigne (expérience n° 28), où la charge était seulement *c*, celle du fourneau ordinaire, et les fourneaux espacés de deux fois la ligne de moindre résistance, on a obtenu une brèche praticable.

Emploi du pyroxyle.

95. Que, dans l'expérience 29, le pyroxyle aurait pu être employé avec le coefficient 0,50 et le pyroxyle nitré avec celui 0,54 pour produire le même effet que la poudre, mais que l'augmentation de 1/5 en sus avait produit une meilleure brèche ; qu'il faut par conséquent préférer une charge supérieure à celle du fourneau ordinaire.

Système de la Commission.

96. Que le dispositif de la Commission expérience n° 10, avec la charge 5/4 *c* et des fourneaux non encastrés dans les maçonneries, distants entre eux d'une longueur égale à la ligne de moindre résistance et placés au-delà de l'alignement de la queue des contre-forts, avait donné une brèche mieux ouverte, plus praticable dans toute sa largeur que les autres dispositifs. Que dans cette expérience où un seul fourneau était derrière un contre-fort, l'égalité d'effet obtenu prouvait qu'il n'y avait pas lieu de s'embarrasser de la position des contre-forts.

Rayon des entonnoirs comparé à la ligne de moindre résistance.

97. Que, dans toutes les brèches bien faites, le rayon de l'entonnoir était plus grand que la ligne de moindre résistance, de manière à avoir en moyenne $n = 1,40$; que la projection des débris ne répondait pas à cette forte valeur de n, qu'une telle valeur n'aurait pas été obtenue en terrain horizontal avec les charges employées; qu'on pouvait, sans craindre de trop déblayer, porter, comme à Metz, § 55, les charges à 1 fois 1/2 celle du fourneau ordinaire, 1,50 c, surtout quand on les espaçait de 2 fois la ligne de moindre résistance. Dans les expériences d'Ulm et de Vienne, on les portait à 1,66 c, et le général Chasseloup les portait à 2 c, mais il voulait avoir $n = 2$ et la projection des débris était par trop forte (§ 2 à 26).

98. Que le pyroxyle, se comportant derrière les maçonneries comme il l'avait fait dans les terres, avait une tendance à donner des rayons d'entonnoirs plus grands que la poudre et une projection moindre.

6e SÉRIE. — BRÈCHE PAR UNE GALERIE D'ESCARPE.

Expérience n° 24 à la face droite du bastion 3. Brèche en plaçant la charge de poudre dans une galerie d'escarpe. (Pl. 14, fig. 1, 2, 3, 4, 5.)

99. Lorsque l'on sait que l'ouvrage auquel on veut faire brèche a une galerie d'escarpe, Vauban

indique de crever par le canon la galerie vers les extrémités de la brèche, afin d'empêcher les retours offensifs de l'ennemi. L'expérience n° 26 a montré que l'idée de Vauban était très praticable.

Dans le même but et dans l'hypothèse où l'on ne se sert pas de canon, Goulon conseille d'attacher le mineur à l'escarpe en deux points, au-delà de l'emplacement des charges, de terminer le percement du revêtement de la galerie au moyen de deux petits fourneaux, et de se hâter de faire rouler par le trou quelques bombes chargées d'artifice. Quand les bombes ont joué et qu'on pense pouvoir entrer dans la galerie, il prescrit d'y faire rouler de nouveau des bombes seulement amorcées; l'ennemi fuit, redoutant l'explosion, et le mineur assiégeant, suivi de grenadiers, pénètre dans la galerie et se hâte d'établir un fort barrage en sacs à terre sur la droite au-delà du trou de droite, et sur la gauche au-delà du trou de gauche; il reste ainsi maître de la galerie d'escarpe, amène au plus vite la charge dans des tonneaux et bourre une portion de galerie à chaque extrémité.

Dans l'expérience 24, on attacha le mineur en deux points de l'escarpe, à 27 mètres de distance, les rameaux furent enfoncés de 1^{m},75 en 11 heures, il restait 1^{m},20 de maçonnerie à percer, on plaça au fond de chacun d'eux un sac de poudre de 8 kilogrammes, ce qu'on regardait comme une charge un peu forcée par rapport à la longueur 1^{m},75 de

bourrage que l'on établit après avoir placé le sac de poudre; cette charge était destinée à chasser le bourrage en même temps qu'elle percerait la maçonnerie. Le pied-droit de la galerie fut enfoncé par le fourneau de droite et résista au fourneau de gauche, dans lequel on vit seulement une soufflure de $0^m,10$ à l'intérieur; dans les deux cas, le bourrage fut chassé. On mit 45 minutes à déblayer à droite et 3 heures à percer à gauche; dès qu'on put entrer, on devait, d'après les principes de Goulon, placer les 2 masques qui isolent la galerie; cette opération, inutile pour l'expérience, ne fut pas faite; on se contenta de placer les poudres en 3 tas et de faire un bourrage aux deux extrémités. Celui de droite sur $4^m,65$ de longueur fut fait en bois et terre en 4 heures 15 minutes; celui de gauche fut fait en terre sur 7 mètres de longueur, en 6 heures 35 minutes. La charge devait être déterminée en suivant les règles tracées par le colonel Constantin et le capitaine Lebrun, lors des démolitions de Vienne, en 1809, § 26.

L'escarpe ayant de $3^m,16$ à $3^m,30$ d'épaisseur, très près de 10 pieds, la charge fut en conséquence fixée à 170 livres par fourneau; en y ajoutant moitié en sus pour le vide de la galerie, cela la portait à 255 livres, et pour les 3 fourneaux à 765 livres; mais, par un malentendu, ces livres furent prises pour des kilogrammes et la charge portée à 765 kilogrammes qui furent répartis en trois tas, deux

aux extrémités, chacun de 3 tonneaux de 100 kilogrammes, un au centre, de 3 tonneaux de 50 kilogrammes ; 15 kilogrammes de poudre furent employés à faire une traînée sur des planches posées entre les tonneaux ; tout le dispositif fut exécuté en 23 heures 35 minutes.

Lors de l'explosion, la maçonnerie fut chassée fortement jusqu'au milieu de la contrescarpe, quelques débris furent même lancés dans la campagne jusqu'à 84 mètres de l'escarpe, les terres en s'éboulant formèrent une pente douce au 1/2, mais en laissant en haut un ressaut général de 1^{m},80 de hauteur, fort difficile à franchir dans un assaut (Voir les coupes, fig. 1, 2, 3 et 4).

Dans la galerie le bourrage en bois fut fortement chassé ; plus de la moitié poussée au-delà du saillant fut retrouvée dans la galerie de la face gauche. Le bourrage en terre, en partie détruit, fut refoulé dans la galerie du flanc droit ; la galerie était brisée sur 22 mètres de longueur. Un quart d'heure après l'explosion, elle était encore tout à fait infectée jusqu'à la naissance de l'orillon ; des cheminées qui avaient été démolies dans le haut et comblées n'ont pas donné lieu à des projections, comme cela avait eu lieu à Vienne, où on les avait légèrement bourrées.

L'effet a été évidemment trop fort, ce qui s'explique d'après l'erreur commise dans la charge.

Si, d'un côté, l'inconvénient redouté des mineurs, d'escarper la brèche dans le haut, s'est fait sentir par le ressaut de 1m,80, d'un autre, on a pu juger combien il y en a peu à charger fort, puisque, avec une charge double, les effets de projection n'ont pas été extraordinaires et que la brèche était bonne, sauf le ressaut au sommet.

7e série. — Rupture de galerie. (Exp. 11 et 12.)

Expérience n° 12. Rupture de la galerie qui aboutit aux souterrains du bastion 7. (Planche 6, fig. 5, 7.)

100. L'article 10 de l'avis du comité des fortifications, du 1er avril 1847, recommandait de profiter de la longueur de cette galerie pour faire contre elle plusieurs fourneaux surchargés à des distances de 4 à 6 mètres de son parement extérieur et de manière que la ligne de moindre résistance fût du côté de cette galerie.

Comme on ne voulait pas, à cause du voisinage des habitations et des magasins à poudre, avoir de projection au dehors, on plaça les fourneaux à 3 mètres de la galerie et on chargea de 100 kilog. de poudre, correspondant au fourneau ordinaire de 4m,10 de ligne de moindre résistance. La distance du fourneau au sol était de 9 mètres.

La voûte de la galerie avait 1m,13 d'épaisseur, formée de 2 rouleaux de briques et d'une maçonnerie de moellons; ses pieds-droits avaient 0m,70 d'épais-

seur; son diamètre intérieur était $1^m,96$ et sa hauteur $2^m,20$. Le feu ayant été mis, le terrain au-dessus du fourneau fut sensiblement soulevé et fortement lézardé, une partie de terre en remblai au-dessus de la porte de la galerie se détacha et la combla. Lorsque l'entrée eut été déblayée on reconnut que le pied-droit de droite était brisé ainsi que la voûte jusqu'à la clef, sur une longueur de 2 mètres. La galerie était complétement obstruée; une galerie en bois eût été brisée sur $10^m,50$ de longueur dans les mêmes circonstances. Dans les expériences de Montpellier, en 1837, une galerie maçonnée avait résisté à une distance 6/8 h, h étant la ligne de moindre résistance du fourneau ordinaire correspondant à cette charge. L'expérience n° 12 ne confirmait donc pas complétement la loi déduite à Montpellier; le diamètre de la galerie était plus grand à la vérité à Bapaume; mais l'épaisseur de la voûte y était plus forte.

Expérience n° 11. Répétition de l'expérience n° 12. (Planche 6, fig. 4, 6, 7.) Crever la galerie du souterrain 7 par un globe de compression avec le pyroxyle, comme dans l'expérience 12.

101. La galerie avait les mêmes dimensions que dans l'expérience n° 12; la ligne, de moindre résistance par rapport à l'intrados, était aussi de 3 mètres; la distance du fourneau au talus naturel qui termine l'ancien château était de 10 mètres. On était arrivé au fourneau comme dans l'expérience 12.

Le feu ayant été mis, l'explosion suivit immédiatement; un fort mouvement de terre eut lieu sur le talus du mamelon avec un peu de projection, sans cependant former d'entonnoir; la partie supérieure du mamelon fut criblée de fissures jusqu'à 8 mètres du fourneau; la galerie, sans être brisée, présentait quelques lézardes sur 11 mètres de longueur; l'effet était moins grand qu'avec les 100 kilogrammes de poudre de l'expérience n° 12.

Résumé et conclusion des expériences 11 et 12.

102. En résumé, la comparaison des expériences 11 et 12 n'infirme pas complétement la loi déduite des expériences de Montpellier, en 1837, savoir : qu'une galerie en maçonnerie résistait à une charge placée à 6/8 h de l'intrados et était crevée à une distance = 5/8 h (h étant la ligne de moindre résistance du fourneau ordinaire en terre ordinaire correspondant à cette charge).

8e SÉRIE. — DÉBLAIS DE BRÈCHE. (Exp. 16 et 19.)

Déblais de brèche usités avec de petits fourneaux.

103. On admettait qu'on pouvait profiter d'une galerie d'escarpe pour arriver de son intérieur à de petits fourneaux placés sous le talus de la brèche, afin de déblayer par ce moyen le pied de l'escarpe et rendre la brèche impraticable. La brèche ainsi

déblayée, l'artillerie aurait donc été obligée de battre de nouveau le revêtement à une moindre hauteur; et lorsque cette deuxième brèche aurait été pratiquée, au moment où les colonnes d'assaut doivent la gravir, on aurait donné le feu à des tas de poudre, qui, après l'explosion des premiers fourneaux, auraient été déposés sur le sol de la galerie; cette nouvelle explosion aurait dû rendre, peut-être encore, la brèche infranchissable. Cette dernière opération suppose d'ailleurs qu'il a été établi dans le bastion un bon retranchement intérieur qui permette au mineur assiégé d'attendre le moment décisif pour faire sauter la galerie d'escarpe.

Mode de déblai de brèche proposé par la Commission.

104. La commission de Bapaume crut que pour déblayer complétement la brèche il ne suffisait pas d'agir avec de petits fourneaux, qu'il fallait au contraire forcer les charges, et que par là on atteindrait encore un autre résultat, celui de faire une immense fougasse avec les débris de la brèche, et de désorganiser la batterie. Dans ce but aussi on résolut de faire l'expérience, non pas avec une série de fourneaux, mais avec un seul fourneau long comme la brèche, en déposant la poudre dans un auget placé dans un rameau longitudinal préparé sous la brèche, et auquel on mettrait le feu depuis la galerie. Pour régler la charge de ce fourneau on remarqua qu'il s'agissait d'enlever le

prisme de débris et de terre compris entre l'escarpe et le fond du fossé et qu'il fallait d'abord rendre cette charge proportionnelle au volume de ce prisme, en le comparant à celui du fourneau ordinaire. Observant ensuite qu'on se proposait de déblayer entièrement et de projeter les débris, on conclut de l'expérience n° 22, § 62, que ce n'était pas trop pour cela de doubler la charge; elle fut donc réglée d'après ces principes. Pour ne pas faire d'abord une expérience de cette nature sur une trop grande échelle, il fut décidé qu'on en ferait l'essai à une escarpe de 1/2 lune: ce fut l'objet de l'expérience 16 à la face droite de la demi-lune 15.

Expérience n° 16. Déblai de brèche avec un fourneau long à la face droite de la demi-lune 15. (Planche 8, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, et plan d'ensemble de la place.)

105. Cette brèche ressemblait assez à celle d'une escarpe battue à moitié hauteur par l'artillerie, quoiqu'elle provînt d'un éboulement spontané de la maçonnerie. On fit creuser un rameau dans le sol du fossé, afin de n'être pas embarrassé par les décombres : on fixa à 15 mètres la largeur de la brèche à déblayer.

Le cube à déblayer était de 187 mètres, ce qui à $0^k,793$ par mètre cube, comme dans le fourneau ordinaire, donnait $148^k,45$ de poudre qu'on porta à 300 kilogrammes ou au double, en nombre rond, pour bien déblayer et avoir une forte projection.

Ces 300 kilogrammes répartis sur 13^{m},40 de longueur furent placés dans un auget de 0^{m},20 sur 0^{m},16 dans œuvre formé de trois planches clouées; les côtés de l'auget furent garnis de terre; on mit deux rangées de sacs à terre pour remplir en partie le rameau : tout le dispositif fait par deux attaques fut exécuté en 34 heures 25 minutes.

Le feu ayant été mis au milieu, il y a eu un temps d'arrêt de 3 minutes sans qu'on ait pu en découvrir la cause. Enfin, les débris de pierre et moellon et la terre furent lancés en une belle gerbe, à 165 mètres en avant de la face de la demi-lune et sur 120 mètres de largeur, faisant un effet analogue à celui d'une grande fougasse (voir le plan d'ensemble). Le sol du fossé fut creusé de 0^{m},80 au moins (fig. 3). La brèche était tout à fait impraticable; le parement extérieur du mur, fig. 4, sur une surface de 3^{m},60 de large et 2^{m},60 de haut, en grès soufflés, avait été détaché; le reste était peu endommagé.

Cette expérience avait réussi conformément aux prévisions.

Expérience n° 19 à la face droite du bastion 6. Déblai avec un fourneau long de la brèche faite par l'artillerie. (Planche 11, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.)

106. L'artillerie avait fait brèche à la face droite du bastion 6, en ouvrant la tranchée horizontale au tiers de la hauteur de l'escarpe, c'est-à-dire à 3^{m},70

au-dessus du fond du fossé. Le talus des terres était de 36 degrés ; son intersection avec le talus de l'escarpe était à 7 mètres de hauteur au-dessus du fond du fossé ; la largeur de la brèche était de 20 mètres ; l'escarpe avait $5^m,50$ d'épaisseur dans le bas avec une retraite à $3^m,50$ au-dessous du sommet, où elle n'avait plus que $2^m,30$ d'épaisseur ; elle avait une galerie située au-dessous du niveau du fossé avec de petits rameaux, amorcés pour arriver ainsi sous le fossé, qui paraissaient avoir été préparés pour arriver ainsi sous la brèche et la faire sauter. On a profité effectivement de 4 de ces rameaux pour percer l'escarpe, arriver au-dessous du fond du fossé, se retourner parallèlement à l'escarpe à droite et à gauche, et faire un rameau sous la brèche dans cette direction. On plaça dans le rameau un auget, fig. 6, de $0^m,30$ sur $0^m,30$, formé avec une seule planche fixée au fond du coffrage à la hollandaise ; on bourra en terre sur la hauteur de cette planche ; le reste du rameau resta vide. Le volume du vide égalait 4 à 5 fois celui de la poudre. On bourra et on arc-bouta les rameaux ; tout le dispositif fut fait en 73 heures.

Le feu fut mis au centre à un saucisson Larivière allant d'un bout à l'autre de la charge, de manière à ce qu'il parvînt à peu près partout en même temps. L'explosion produisit une immense gerbe équivalant à 300 fougasses-pierriers de 5 mètres cubes chacune, qui couvrit de débris la batterie et

le glacis, en formant 4 rayons divergents, dégradant et remplissant les embrasures; un bloc de maçonnerie, frappant le devant du flasque de la pièce de gauche de la batterie, la poussa en arrière de la plate-forme et la renversa, le flasque enfoncé de $0^m,50$ en terre; une zone de débris serrés s'étendit jusqu'à 70 mètres de l'escarpe, de manière que tous les servants de la batterie et tous les soldats réunis dans les tranchées adjacentes auraient été atteints. On n'aurait pu débarrasser la batterie et la mettre en état de tirer que pendant la nuit. Une autre zone de débris plus clair-semés allait jusqu'à 110 mètres. Enfin quelques-uns allaient jusqu'à 170 à 200 mètres. La brèche n'était plus praticable, le fossé avait été déblayé au niveau du sol du rameau, un peu de terre retombée d'en haut formait un talus de $4^m,50$ de hauteur dans sa partie la plus élevée, fig. 1 et 2. La partie d'escarpe au-dessus et les terres vierges qui la surmontaient et se tenaient presque verticalement présentaient un obstacle tout à fait infranchissable.

La galerie d'escarpe avait été fortement endommagée, la voûte s'était brisée, et le pied-droit du côté du parement extérieur de l'escarpe avait été refoulé de manière à ne laisser que $0^m,60$ à la galerie, qui d'ailleurs était pleine de débris (1).

L'expérience, quant au déblai de la brèche et à

(1) Le numéro du 4 septembre 1847 de l'*Illustration* rend fort bien l'effet pittoresque de cette explosion.

la projection des débris dans la batterie, avait réussi ; la charge, double de celle du fourneau ordinaire, était bien celle qui convenait pour avoir une bonne projection, et l'effet du fourneau en long était des plus satisfaisants.

La rupture de la galerie n'aurait pas permis de recommencer un second dispositif pareil au premier; mais comme il fallait la nuit pour rétablir la batterie, l'assiégé aurait pu dans le même temps aussi placer quelques augets de $0^{m},25$ de côté, remplis de poudre, alignés et enterrés sur la longueur de la brèche, et faire sauter la nouvelle brèche, quand elle aurait été faite.

La brèche fut rendue de nouveau praticable par l'artillerie (Voir page 10). Au siége de Girone, en 1809, la brèche ayant été déblayée, on crut devoir recommencer l'attaque sur un autre point; cela prolongea beaucoup la défense.

Résumé et conclusion sur les expériences 16 et 19.

107. En résumé, il résulte de ces deux expériences qu'il serait facile, au moyen d'une petite rigole préparée dans le fossé et remplie avec un auget de $0^{m},30$ de côté, chargé de poudre, de déblayer une escarpe et d'en projeter les débris dans la batterie, qu'il serait peut-être possible de recommencer ce jeu; qu'il serait probablement bon, si on avait une galerie d'escarpe à ménager, d'écarter un peu l'auget de l'escarpe.

9e SÉRIE. — TROUÉE A TRAVERS UNE CONTRE-GARDE. (Exp. 28.)

Expérience n° 28, à la face droite de la contre-garde 17. Faire une trouée à travers une contre-garde de manière à pouvoir, de son chemin couvert, battre immédiatement en brèche le bastion. (Planche 17, fig. 1, 2, 3, 4.)

108. Bousmard avait déjà proposé de couper une contre-garde avec des obus, alors que l'emploi des obus était beaucoup moins en usage qu'aujourd'hui, et il est probable qu'il s'en exagérait la facilité. Quelques officiers, entre autres le lieutenant Gay, du 3e régiment du génie, avaient proposé dans des simulacres de siége de faire cette opération, mais elle n'avait jamais été exécutée ni à la guerre, ni comme expérience; elle présentait d'assez grandes difficultés pour la détermination de l'emplacement et de la charge des fourneaux. La Commission proposa de la tenter à la contre-garde 17.

Il fallait faire brèche à l'escarpe et au mur de gorge en projetant fortement les terres et les maçonneries, et évider le milieu de l'ouvrage, de manière à ce que le tir de l'artillerie pût battre l'escarpe du bastion au 1/3 ou au moins au 1/2 de sa hauteur par une ouverture suffisamment large.

On résolut de faire les brèches à l'escarpe et au mur de gorge chacune par deux fourneaux; un fourneau au milieu devait évider le centre de la contre-garde : du côté de l'escarpe la ligne de moindre résistance fut fixée à $5^m,40$, un peu plus du 1/4 de l'épaisseur de la contre-garde corres-

pondant à une charge de 225 kilogrammes en terre ordinaire; pour déblayer fortement, on doubla cette charge, qui fut ainsi portée à 450 kilogrammes. La hauteur de terre au-dessus du fourneau était de $6^m,10$, correspondant à une charge de 330 kilogrammes; le fourneau était donc surchargé par rapport à elle, et la terre par-dessus devait être bien enlevée. Pour ne pas projeter les débris sur la ville, le feu devait être compassé de manière que les fourneaux de l'escarpe partissent les premiers, puis celui du centre, enfin ceux du mur de gorge, en mettant cependant peu d'intervalle entre les différents feux. Le fourneau du centre trouvant le vide fait par le déblai de l'escarpe devait faire une forte projection de ce côté, étant chargé de 520 kilogrammes ou 2 fois 1/4 la charge ordinaire, par rapport au terre-plein de la contregarde au-dessous duquel il était placé. Comme on craignait les effets de la projection, après discussion approfondie, on fit prévenir les habitants d'une maison située à 150 mètres de là, afin qu'ils eussent à tenir leurs croisées ouvertes et à ne pas y paraître pendant l'expérience; on prévint le maire et on lui dit que s'il voyait des inconvénients à ce qu'on eût quelques tuiles cassées, on ne ferait pas l'expérience.

Le mur de gorge demandait à être chargé un peu moins que l'escarpe, 1° parce qu'il ne fallait pas que l'effet se fît du côté du fourneau du centre;

2° parce qu'il fallait éviter de projeter des débris sur la ville; 3° enfin parce que la contrescarpe était sur le haut d'un talus, ce qui favorisait le déblai. La charge des fourneaux fut, en conséquence, fixée à 250 kilogrammes correspondant à 1 fois 1/3 la charge du fourneau ordinaire pour la ligne de moindre résistance choisie, égale à $5^m,05$.

On avait fait les fourneaux du mur de gorge au moyen d'un puits, ceux de l'escarpe en perçant le mur; tout le dispositif fut exécuté en 41 heures 50 minutes.

Le feu ayant été mis, la masse de l'escarpe fut violemment lancée contre la contrescarpe avec des débris jusqu'à 40 mètres dans le chemin couvert et sur le glacis. Deux secondes après, le fourneau du centre produisit une immense gerbe projetant les terres du côté de la campagne à 100 et à 150 mètres, et même jusqu'à 340 mètres de distance (voir le plan d'ensemble de la place). Une seconde après, l'explosion de la contrescarpe eut lieu avec projection à 20 mètres. Le talus des brèches était de 18 degrés. La largeur de la brèche était de 22 mètres à l'escarpe et de 20 à la contrescarpe, le milieu un peu moins large (planche 13, fig. 15). La trouée était parfaite et permettait le tir en brèche sur la face du bastion, au tiers de sa hauteur et sur une largeur de 25 à 30 mètres. L'expérience avait réussi complétement; mais malheureuse-

ment on avait un accident grave à déplorer.

La réussite sans accident des expériences précédentes avait familiarisé le public avec le danger; la distance à laquelle on l'avait toujours tenu à l'abri lui avait persuadé que l'autorité militaire prenait trop de précautions; ces bruits avaient été renforcés le matin par un article du journal d'Arras; c'était un dimanche, un groupe nombreux, n'obéissant plus aux factionnaires, força le cordon des limites et se rapprocha après le feu mis; il y avait toujours deux minutes et demie entre la mise du feu et l'explosion. La gerbe produite par le fourneau du centre atteignit plusieurs personnes, blessa grièvement un homme à la tête, et une pierre fortement lancée alla atteindre et blessa à mort un enfant de six ans appartenant au maître de la maison, celui qui avait été averti par l'autorité municipale et militaire, qui avait eu le soin d'ouvrir ses croisées, mais qui n'avait pas eu celui de retenir son enfant! L'homme blessé se rétablit heureusement, après avoir donné des craintes; les autres contusions étaient légères. L'enfant seul succomba, et sa mort changea en un jour de deuil cette fin des expériences. Cet accident montre qu'on devrait avoir un signal pour donner l'ordre de couper le feu quand il est encore temps et qu'on craint un accident; le mouvement des curieux l'avait fait craindre; mais le contre-ordre ne put être entendu de l'officier placé dans le fossé.

Conclusion sur l'expérience 28.

109. Quoique cette expérience ait réussi, on ne peut cependant pas regarder le parti qu'on a pris comme ce qu'il y a de mieux à faire, à cause du temps qu'elle a exigé; car les 41 heures 50 minutes employées eussent été doublées si on n'eût attaqué que par l'escarpe. Il faudrait, pour gagner du temps, n'employer qu'un seul fourneau au centre, enfoncé de 9 à 10 mètres au-dessous du terre-plein chargé d'une charge double, c'est-à-dire de 2,900 kilogrammes, de manière à renverser à lui seul l'escarpe, la contrescarpe, et à évider le milieu. On avait reculé devant cette solution, à cause de la force de la charge.

CHAPITRE III.

Résumé général du compte rendu des expériences et des conclusions tirées dans le chapitre II.

110. Dans le chapitre II les expériences analogues ont été réunies par série; la première, relative aux fourneaux d'épreuve; la deuxième, à l'attachement du mineur; la troisième, aux brèches à un fourneau, dans le cas des escarpes basses; la quatrième, aux brèches à un fourneau, dans le cas des contrescarpes; la cinquième, aux brèches

à escarpes hautes et à plusieurs fourneaux; la sixième, aux brèches par une galerie d'escarpe; la septième, aux déblais de brèche; la huitième, à faire une trouée à travers une contre-garde.

Conclusions de la première série.

111. La première série, expériences 13, 22, 15, 14, 30, relative aux fourneaux d'épreuve, a montré 1° que la terre de Bapaume pouvait être assimilée à la terre ordinaire des mineurs; 2° qu'une charge double augmentait la projection verticale du quart et la flèche de l'entonnoir de moitié; 3° qu'une charge longue verticale augmenterait le déblai et la projection, et que la facilité d'établir rapidement et quand on veut des fourneaux aussi chargés devait remplacer avantageusement le mode d'établissement des contre-puits dans le système de guerre souterraine proposé par le général de Fleury; 4° que le coefficient du pyroxyle, comparé à la poudre, était bien 0,50; que celui du pyroxyle nitré (dosé à 100 de pyroxyle pour 82 de nitre) était 0,56.

Conclusions de la deuxième série.

112. La deuxième série, expériences 1, 26, 5, relative au mode d'attachement du mineur, a montré 1° que l'on n'obtenait pas de bons résul-

tats de l'étonnement des maçonneries par un baril de poudre; 2° que le passage sous la maçonnerie pouvait présenter des avantages de rapidité d'exécution, mais obligeait à des charges plus fortes; 3° qu'il était très avantageux d'amorcer le trou du mineur avec une pièce de 12, puisqu'on pouvait faire ainsi, sans danger, en 10 minutes avec la pièce sur affût, en 1 heure avec la pièce sur chantier, et en 24 minutes avec la pièce sur châssis, une opération périlleuse qui exigeait 3 à 4 heures; 4° que ce résultat conduisait à se demander s'il ne serait pas avantageux de continuer à tirer jusqu'à ce que le mur fût percé; avec cette combinaison, on pourrait espérer d'approcher, au moyen de la mine, de la célérité de l'artillerie dans l'exécution des brèches, et on aurait alors l'avantage d'exposer moins de monde. Le tableau qui termine cette série montre que le temps moyen pour amorcer le trou du mineur avec le pic a été de 3 heures 44 minutes, que le temps moyen par mètre d'épaisseur d'escarpe percée a été de 5 heures, et que le temps moyen pour tout le dispositif, par mètre d'épaisseur, a été de 10 heures 12 minutes.

Conclusions de la troisième série.

113. La troisième série, expériences 2, 3, 9, 20, 21, 23, 27, relative aux brèches d'essai à un seul fourneau, dans le cas des escarpes, a montré que,

pour les brèches à des escarpes peu élevées, 5 à 6 mètres, il fallait éloigner les poudres du parement de l'escarpe, de manière à avoir une ligne de moindre résistance qui fût au moins moitié de la distance au terre-plein, et dans ce cas même forcer la charge de manière à la porter à 1 fois 1/2 celle du fourneau ordinaire dans la terre ordinaire ; que, si on mettait le fourneau contre le parement intérieur de l'escarpe, comme pour une simple démolition, il fallait à plus forte raison forcer la charge et probablement aller jusqu'à la doubler; que le rayon d'entonnoir d'une charge de poudre, contre la terre terminée par un plan vertical, n'aurait été obtenu, dans le cas d'un plan horizontal, que par une charge 3 fois 1/2 plus forte; que la projection est moindre dans le cas du plan vertical ; que le coefficient $0^m,50$, par rapport à la poudre, convient pour le pyroxyle, et qu'il faut prendre $0^m,54$ pour celui du pyroxyle nitré ; que l'effet du vide autour des charges de poudre a été nuisible, ce qui, pourtant, demanderait à être vérifié sur des escarpes plus élevées.

Conclusions de la quatrième série.

114. La quatrième série, expériences 1, 6, 25, 32, relative aux brèches à un fourneau derrière les contrescarpes, a montré, contrairement aux opinions reçues, mais d'accord avec les prévisions de la commission, que le renversement des contrescarpes

avait toujours lieu avec une charge calculée comme dans la terre ordinaire et correspondant à la ligne de moindre résistance *h* du côté des maçonneries, soit quand la hauteur D de terre du côté du terre-plein égalait 2 *h*, ce que les mineurs regardaient comme nécessaire, soit quand elle était égale seulement à *h* et à 3/4 *h*, et enfin, peut-être même quand elle n'était plus égale qu'à 1/2 *h*.

Une de ces expériences faite en pyroxyle a donné de nouveau $0^m,50$ pour le coefficient du pyroxyle par rapport à la poudre de guerre.

Conclusions de la cinquième série.

115. La cinquième série, expériences 4, 8, 18, 29, 10, 17, relative aux brèches à des escarpes avec plusieurs fourneaux, a fait voir : 1° qu'avec un espacement des fourneaux égal à 3 fois la ligne de moindre résistance on renversait bien encore les escarpes, mais que la brèche n'était pas praticable sur toute sa largeur ; 2° que la charge de Vauban, 1 fois 1/4 celle correspondante au fourneau ordinaire, en terre ordinaire, était très suffisante pour briser les maçonneries et faire ébouler les terres en plaçant la charge à une distance du parement égale à la moitié de la hauteur de l'escarpe, ce qui la mettait à peu près à la queue des contre-forts ; et que l'écartement des fourneaux égal à 2 fois la ligne de moindre résistance était suffisant pour

rendre toute la brèche praticable ; 3° que le dispositif de Cormontaigne avec charge égale à celle du fourneau ordinaire, en terre ordinaire, donnait une brèche suffisante, mais qu'il était préférable de forcer la charge comme le faisait Vauban; 4° que les 3 fourneaux rapprochés à la distance *h* dans le dispositif de la commission, avec 5/4 de la charge en terre ordinaire, avaient donné une brèche plus praticable dans toute sa largeur que les autres dispositifs et qu'il valait mieux laisser les 3 fourneaux égaux, sans diminution relative au recroisement des entonnoirs; 5° que, dans toutes les brèches bien faites, le rayon de l'entonnoir avait été plus grand que la ligne de moindre résistance, de manière à avoir en moyenne $n = 1^m,42$; 6° qu'il y avait lieu de rechercher des formules spéciales pour le cas des brèches; 7° que le pyroxyle s'était comporté derrière les escarpes comme il l'avait fait dans les terres, montrant une tendance à donner des rayons d'entonnoir plus grands que ceux obtenus par la poudre, et une projection moindre; que le coefficient du pyroxyle par rapport à la poudre était $0^m,50$ et celui du pyroxyle nitré $0^m,60$.

Conclusions de la sixième série.

116. La sixième série composée d'une seule expérience n° 24 : Brèche par une galerie d'escarpe,

n'a pas été exécutée dans les conditions du programme; la charge, qui a été doublée, a montré qu'il n'y avait pas grand inconvénient à forcer les charges pour faire une brèche praticable. Cependant on a obtenu dans le haut un ressaut qui peut être attribué à la trop forte projection de l'escarpe due à la double charge.

Conclusions de la septième série.

117. La septième série, expériences 11 et 12, relative à la rupture des galeries par les globes de compression, a montré que la limite de rupture de ces galeries 6/8 *h*, assignée par les expériences de Montpellier, était à peu près exacte, puisqu'il y a eu rupture peu étendue dans un cas avec la poudre et de simples lézardes dans l'autre avec le pyroxyle. La galerie sur laquelle on opérait avait, d'une part, un diamètre plus grand que celle de Montpellier, et de l'autre une épaisseur de voûte plus forte.

Conclusions de la huitième série.

118. La huitième série, expériences 16, 19, relative aux déblais de brèche, a montré qu'il serait facile au moyen d'une rigole dans le fossé, préparée et chargée à l'avance avec des augets formés de 4 planches clouées et remplies de poudre, de déblayer une brèche et d'en projeter les débris dans

la batterie, de la désorganiser ainsi de manière à obliger l'attaquant à attendre la nuit pour la réparer, et de profiter de ce retard pour recommencer un autre dispositif; que pour ménager la galerie d'escarpe si on en a une, il serait bon d'écarter un peu l'auget de l'escarpe.

Conclusions de la neuvième série.

119. La neuvième série, composée d'une seule expérience n° 28, fait voir qu'il est possible de faire, par la mine, une trouée dans une contre-garde de manière à pouvoir, de son chemin couvert, battre immédiatement en brèche le bastion. Ce résultat a été parfaitement obtenu avec cinq fourneaux; mais la longueur de temps nécessaire pour le dispositif employé devrait faire chercher à arriver au même but avec un seul fourneau placé au centre et plus enfoncé dans les terres.

Méthode d'exécution des brèches proposée par la Commission.

120. En appelant *c* la charge du fourneau ordinaire en terre ordinaire, C la charge du fourneau de brèche, *h* la ligne de moindre résistance par rapport au parement, D la distance au terre-plein du rempart, on peut dès à présent poser les règles suivantes dans l'exécution d'une brèche. On placera les fourneaux en arrière des contre-forts et on

prendra $h = \frac{D}{2}$ au moins ; on fera $C = \frac{5}{4}c$ pour les escarpes de 8 mètres et plus ; $C = \frac{3}{2}c$ pour les escarpes de 6 à 8 mètres $C = 2c$ pour celles au-dessous de 6 mètres et pour les fourneaux placés contre le revêtement ou incrustés dans la maçonnerie supposée d'une cohésion moyenne.

On pourra compter sur $T = 1,42\,h$.

Les brèches seront faites par 3 fourneaux espacés de h; leur emplacement ainsi déterminé, on ne s'embarrassera pas de la place des contre-forts ; on ne logera pas les poudres dans les maçonneries ; on ne fera qu'un seul retour et dans les terres.

On fera, par chaque mine, deux entrées en galerie à 3 mètres de distance, soit qu'on fasse le trou avec le canon de 12 posé sur châssis, soit qu'on attache le mineur.

Dans le cas où le terrain serait favorable et où on n'aurait pas de canon, on pourra passer sous les fondations. On forcera alors la charge conformément à la règle du général Chasseloup, § 16.

Points qui restent à éclaircir par de nouvelles expériences.

121. Les principaux points qui resteraient à éclaircir par de nouvelles expériences ont pour objet :

Le logement du mineur et surtout le percement

des escarpes avec une bouche à feu de campagne pour abréger le travail du mineur.

L'examen des fourneaux employés comme moyen de démolition.

L'augmentation de la charge des fourneaux destinés à faire brèche aux escarpes de peu de hauteur.

Le renversement des contrescarpes avec $D = 1/2\, h$.

Les brèches faites par un seul fourneau aux escarpes élevées comme à Milan, § 19.

La répétition des expériences de brèche à des escarpes en terre pour achever d'éclaircir la théorie de l'effet de la poudre contre des milieux terminés par un plan vertical.

L'essai d'un fourneau placé sous le fossé en dehors d'une escarpe pour décider la valeur de la deuxième démonstration de Vauban et de la théorie du commandant Didion, § 11.

Le renversement des contrescarpes avec des globes de compression, dont la charge serait placée dans un simple puits, sans rameau et remblayé sans damage.

La rupture des galeries maçonnées par des globes de compression.

L'examen du moyen indiqué par Bousmard et Belidor pour faciliter l'assaut ; moyen qui consiste à projeter la contrescarpe contre l'escarpe.

L'examen du projet du lieutenant Ferry qui con-

siste à faire brèche par le canon à la contre-garde, à la prendre, à y faire une trouée par la mine et à battre le bastion en brèche avec la batterie primitivement placée contre la contre-garde.

Faire la trouée de la contre-garde par un seul fourneau, comparativement avec celle qui a été faite à Bapaume avec plusieurs, § 108.

Examiner les outils des mineurs pour démolition.

Ces expériences achèveraient de fournir les éléments nécessaires pour confirmer les formules spéciales au cas des brèches, indiquées au § 120, et pour mieux établir encore leurs rapports avec celles admises en terrain horizontal.

Récapitulation des résultats obtenus dans les expériences de Bapaume.

122. Les expériences de mine exécutées à Bapaume ont eu pour résultat :

1°. De fixer la manière d'attacher le mineur, d'abréger beaucoup le temps nécessaire à cette opération et de diminuer son danger en la faisant avec un canon de 12, placé dans la descente blindée; de rendre ainsi le temps nécessaire pour exécuter une brèche par la mine, moins différent de celui employé par l'artillerie.

2°. De rectifier les idées des mineurs sur la grandeur des entonnoirs qu'on obtient dans les brèches bien faites.

3°. D'établir le mode d'action de la poudre contre des murs terrassés et la manière dont ceux-ci résistent, ce qui n'avait été qu'entrevu, et ce qui conduit à des conséquences importantes pour le renversement des contrescarpes et pour la théorie des brèches.

4°. De fixer les idées sur les modifications qu'il est utile de faire dans les charges de mine, selon la hauteur des escarpes.

5°. De fournir de nouveaux éléments à la question, si importante, de la résistance des galeries maçonnées.

6°. De prouver que le déblaiement de la brèche peut se faire en la transformant en une immense fougasse, qui jetterait le plus grand désordre dans les travaux d'attaque, et d'établir le mode de changement de cette fougasse.

7°. De montrer qu'on peut faire une trouée dans une contre-garde, de manière à battre le bastion de la batterie établie dans le chemin couvert de cette contre-garde.

8°. De prouver que les charges longues verticales peuvent s'employer avec grand avantage dans le système de mine à contre-puits du général de Fleury.

9°. D'établir que le pyroxyle peut-être utilement employé, en grand, pour faire les brèches et qu'il y a économie à l'employer mélangé d'une dose de nitre.

10°. De diriger l'attention des mineurs et les

nouvelles expériences, sur les points qui restent à éclaircir dans la théorie et la pratique des mines et sur l'outillage des mineurs pour le percement des maçonneries.

Paris, le 8 juin 1848

Le président,
DE CASSIÈRES.

Les rapporteurs,
L. SUSANE.
LE BLANC.

Les membres de la Commission,
PIOBERT.
A. MORIN.
ED. REVEL.
DIDION.

TABLEAU RÉCAPITULATIF

DES EXPÉRIENCES FAITES PAR LE GÉNIE.

NOTA. — Nous donnerons ce tableau à la fin du N° de septembre prochain.

DE LA GUERRE

Par le Général Charles de CLAUSEWITZ,

Traduction de M. le major d'artillerie NEUENS.

(*Suite.*)

Les célèbres positions de Schmotseifen et de Landshut, dans la guerre de Sept Ans, sont en général des vallées ; il en est de même de la position de Feldkirch, dans le Vorarlberg. Dans les campagnes de 1799 et 1800, les postes principaux des Français et des Autrichiens ont toujours été établis dans les vallées mêmes, non-seulement en travers pour les barrer, mais aussi dans le sens de leur longueur, tandis que les derrières n'étaient pas gardés, ou ne

l'étaient que par quelques postes isolés et peu nombreux.

Les dos des Hautes-Alpes sont tellement impraticables et inhospitaliers qu'il est impossible de les occuper avec des quantités notables de troupes. Si l'on tient donc absolument à avoir des forces dans les montagnes, afin d'en rester maître, il n'y a d'autre ressource que de les établir dans les vallées. Au premier coup d'œil, cela paraît absurde, parce que, d'après les idées théoriques ordinaires, on doit dire que les crêtes dominent les vallées. Mais en réalité la position n'est pas aussi mauvaise. Les crêtes ne sont accessibles que par un petit nombre de chemins et de sentiers, et à de rares exceptions près, elles ne le sont que pour l'infanterie, parce que tous les chemins de voitures longent les vallées. D'après cela, l'ennemi ne peut y paraître que sur certains points et qu'avec de l'infanterie. Mais dans ces montagnes de reliefs considérables, les distances sont trop grandes pour un feu d'infanterie efficace. La position dans les vallées est donc moins dangereuse en réalité qu'en apparence. Cependant les défenseurs d'une telle vallée sont exposés à un autre danger très-grand, celui d'avoir la retraite coupée. L'ennemi peut descendre par certains points dans la vallée. Il est vrai qu'il ne le pourra qu'avec de l'infanterie, au prix de grands efforts et très-lentement ; il ne peut donc pas être question de surprise. Mais aucune des positions qu'on occupe dans la vallée ne

défend le débouché de semblables sentiers; de sorte que l'ennemi peut faire descendre successivement des forces prépondérantes, s'étendre ensuite, et percer la ligne mince du défenseur qui dès lors est devenue très-faible, et n'a plus d'autre abri que le lit pierreux de quelque torrent des montagnes. Or la retraite ne peut, en certains endroits, s'exécuter qu'au fond de la vallée, jusqu'à ce qu'on puisse déboucher en plaine; elle devient donc impossible pour beaucoup de parties de la ligne. C'est pourquoi les Autrichiens ont presque chaque fois perdu dans la Suisse le tiers ou la moitié de leurs troupes en prisonniers.

Maintenant, quelques mots encore sur le fractionnement des forces auquel cette défense entraîne d'ordinaire.

Chacune des positions subordonnées dans les montagnes se rapporte ordinairement à une position du gros des forces, plus ou moins rapprochée du centre de toute la ligne, vis-à-vis de quelque débouché principal. De cette position centrale sont détachés à droite et à gauche des corps destinés à défendre les points accessibles les plus importants, et l'ensemble se compose ainsi de 3, 4, 5, 6 postes ou davantage, situés à peu près sur une ligne. Les besoins du moment peuvent seuls indiquer la limite de l'extension de cette ligne. Lorsqu'elle n'est que de quelques étapes, c'est-à-dire 8 à 10 lieues, elle doit être considérée comme médiocrement longue,

car on en a vu s'étendre jusqu'à 3 et 4 lieues.

Entre les divers postes particuliers, distants entre eux d'une ou deux lieues, il se rencontre encore assez facilement des avenues moins importantes, qu'on ne remarque que plus tard; on trouve de côté ou d'autre d'excellents postes secondaires pour une couple de bataillons, et qui établissent une bonne liaison entre les postes principaux; en conséquence, on les occupe. Il est facile de voir que le fractionnement peut encore s'étendre davantage et descendre jusqu'à des compagnies et des escadrons isolés; c'est, du reste, ce qui a eu lieu plus d'une fois. Il n'existe donc pas de limites générales à l'éparpillement. D'un autre côté, la force de chaque poste particulier dépend de celle de l'ensemble; par conséquent, on ne peut plus rien préciser relativement au degré de force possible ou naturel que conserveront les postes principaux. Nous nous bornerons à établir à ce sujet quelques propositions que l'expérience et le raisonnement suggèrent.

1° Plus les montagnes sont élevées et inaccessibles, plus le fractionnement pourra, *et devra aussi*, s'étendre. Car moins un terrain peut être protégé au moyen de combinaisons fondées sur le mouvement, plus cette protection devra résulter de l'occupation immédiate. La défense des Alpes oblige à un fractionnement bien plus grand et approche par conséquent bien plus du système de cordon que celle des Vosges ou celle du Riesengebirge.

2° Partout où une défense de montagnes a eu lieu jusqu'ici, il en est résulté un tel fractionnement des forces, que les postes principaux consistaient le plus souvent en une seule ligne d'infanterie, ayant derrière elle une ligne de quelques escadrons de cavalerie; le gros des forces, établi au centre, conservait seul quelques bataillons en seconde ligne.

3° Il y a eu rarement en arrière une réserve stratégique destinée à renforcer les points attaqués, et cela parce que la grande extension du front était cause qu'on se sentait déjà trop faible sur chaque point. Le soutien que recevait un poste attaqué était donc généralement fourni par les postes voisins.

4° Lors même que le fractionnement des forces a été relativement modéré, et que la force de chaque poste a été considérable, leur résistance principale s'est toujours réduite à la défense locale; et dès que l'ennemi avait réussi à s'établir complétement dans un poste, les secours qui arrivaient ne parvenaient plus à l'en déloger.

D'après cela, la théorie doit abandonner au tact du général en chef les questions de savoir ce qu'on peut attendre d'une défense de montagnes, dans quels cas on peut employer ce moyen, et jusqu'où on peut pousser le fractionnement des forces. Il suffit que la théorie ait bien fait connaître la nature de ce moyen, et le rôle qu'il peut jouer dans la guerre.

Un général qui se fait battre en occupant une ligne étendue dans les montagnes, mérite d'être traduit devant un conseil de guerre.

—

DÉFENSE DES FLEUVES ET DES RIVIÈRES.

Les fleuves et les grandes rivières appartiennent, au point de vue de la défense, à la classe des barrières stratégiques, de même que les montagnes. Mais ils diffèrent des montagnes en deux points : l'un concerne la défense relative, l'autre la défense absolue.

De même que les montagnes, ils rehaussent la résistance relative ; mais ils ont cela de particulier qu'ils se comportent comme un outil d'une matière dure et cassante; ou ils soutiennent tous les chocs sans fléchir, ou bien leur défense se brise pour cesser complétement. Lorsque le fleuve est très-considérable et que les autres conditions sont avantageuses, le passage peut devenir tout à fait impossible. Mais aussitôt que la défense d'un fleuve est forcée en un

seul point, il ne peut plus y avoir, comme dans les montagnes, une prolongation de défense; tout est au contraire terminé dans un seul acte, à moins que le fleuve ne coule lui-même dans un pays de montagnes.

La seconde propriété spéciale des fleuves, au point de vue du combat, consiste en ce que, dans beaucoup de cas, ils donnent lieu à des combinaisons très-avantageuses pour la bataille générale, et qu'ordinairement ces combinaisons sont du moins meilleures que dans les montagnes.

Les deux obstacles ont cela de commun, qu'ils offrent le danger d'une séduction qui a souvent entraîné à de fausses mesures et amené les situations les plus fâcheuses. Nous attirerons l'attention sur ces résultats, en nous occupant plus particulièrement de la défense des rivières.

L'histoire est assez pauvre en défenses efficaces de fleuves; cela justifie l'opinion qu'ils ne constituent pas des barrières aussi fortes qu'on l'a cru dans les temps où le système défensif absolu tirait parti de toutes les ressources que présentaient les localités. Cependant on ne peut pas nier l'influence avantageuse qu'ils exercent sur le combat et sur la défense d'un pays en général.

Pour embrassser la question dans son ensemble, nous allons fixer les divers points de vue d'où nous voulons la considérer.

D'abord nous distinguerons en général les résultats

stratégiques que produisent les fleuves et les rivières par leur défense, de l'influence que ces obstacles exercent sur la défense des pays, sans être défendus eux-mêmes.

Ensuite la défense elle-même peut avoir trois significations distinctes :

1° La résistance absolue avec le gros de l'armée.

2° Une résistance simulée.

3° Une résistance relative offerte par des parties secondaires, telles que les avant-postes, les lignes couvrantes, les corps latéraux, etc.

Enfin, nous devons encore distinguer trois degrés ou genres différents de défense au point de vue de la forme, savoir :

1° Une défense immédiate, empêchant le passage.

2° Une défense médiate, dans laquelle la rivière et la vallée ne sont employées que comme élémens d'une meilleure combinaison de combat.

3° Une défense complétement directe, au moyen d'une position inattaquable dans laquelle on se maintient sur la rive ennemie.

C'est suivant ces trois degrés que nous classerons nos considérations, et lorsque nous les aurons examinés tous trois dans leurs rapports avec la première des significations ci-dessus, qui est la plus importante, nous terminerons en ayant égard aussi aux deux dernières. — Nous commencerons donc par la dé-

fense immédiate, c'est-à-dire celle qui doit empêcher le passage de l'ennemi.

Cette défense n'est applicable qu'aux grands fleuves, c'est-à-dire aux grands volumes d'eau.

Les combinaisons d'espace, de temps et de force, qui doivent être considérées comme les éléments de cette théorie de la défense, rendent la question assez complexe; il n'est donc pas très-facile d'obtenir un point fixe de départ. Cependant un mûr examen conduira un chacun au résultat suivant.

Le temps nécessaire pour jeter un pont détermine l'intervalle entre les corps à placer pour la défense de la rivière. Toute la longueur de la ligne de défense étant divisée en intervalles de cette étendue, on obtient le nombre des corps nécessaires.

Divisant enfin le total des troupes disponibles par le nombre des corps à établir, on obtient la force numérique de chacun de ces corps. Si l'on compare maintenant cette force à celle des troupes que l'ennemi peut faire passer par d'autres moyens pendant la construction de son pont, on pourra juger si la résistance a des chances de succès; car l'impossibilité de forcer le passage ne peut être admise que dans le cas où le défenseur peut toujours attaquer avec des forces *très-supérieures*, c'est-à-dire environ doubles, les troupes qui sont passées avant l'achèvement du pont. Prenons un exemple.

Si l'ennemi a besoin de 24 heures pour établir son pont, et si pendant ces 24 heures il ne peut pas, à

l'aide d'autres moyens, passer au delà de 20 mille combattants; si en même temps le défenseur peut, dans l'espace de 12 heures environ, paraître sur tout point quelconque avec 20 mille hommes, le passage ne peut pas être forcé ; car on arrivera au moment où l'ennemi n'aura encore fait passer qu'environ 10 mille hommes sur notre rive. Or, en 12 heures on peut, en comptant le temps nécessaire pour être averti, marcher environ 5 lieues; il faudrait donc des corps de 20 mille hommes, échelonnés de 10 en 10 lieues, ce qui exige 60 mille hommes pour défendre un développement de rivière de 30 lieues. Cette force suffirait non-seulement pour que 20 mille hommes pussent arriver à temps sur tout point de passage, quand même l'ennemi tenterait deux passages à la fois, mais aussi pour réunir le double dans le cas d'un point de passage unique.

Trois circonstances exercent donc ici une influence décisive : 1° la largeur du fleuve; 2° les moyens de passage, comme influant tous deux tant sur la durée de la construction du pont que sur le nombre de combattants qu'il est possible de passer dans un temps donné; et 3° la force numérique du défenseur. La force de l'armée ennemie elle-même n'entre pas encore en considération. D'après cette théorie, on devrait donc dire qu'il y a des circonstances où le passage est impossible, et où aucune supériorité numérique ne pourrait mettre l'ennemi en état de le forcer.

Ceci est la théorie simple de la défense immédiate des fleuves, c'est-à-dire de celle qui a pour objet d'empêcher l'ennemi d'achever son pont et de passer. Jusqu'à présent il n'y est pas fait mention de l'effet de démonstrations que l'ennemi peut employer. Nous allons maintenant examiner les circonstances de détail et les dispositions nécessaires d'une défense de cette nature.

Si l'on fait abstraction des particularités géographiques, les corps déterminés par la théorie exposée ci-dessus devraient être établis tout contre le fleuve, chacun en état de concentration. Nous disons immédiatement contre le fleuve, parce que les retirer en arrière serait inutilement augmenter la distance à parcourir entre la position et le point menacé; et comme les eaux du fleuve protégent les corps contre toute action notable de la part de l'ennemi, il est inutile de les tenir en arrière comme on le fait pour les réserves dans une ligne de défense ordinaire. De plus, les routes qui longent les fleuves sont en général meilleures que les chemins transversaux, qui peuvent conduire d'un point en arrière vers un point menacé. Enfin, au moyen de cette position donnée aux corps, le fleuve est incontestablement mieux observé qu'il ne pourrait l'être au moyen d'une simple chaîne de postes, surtout parce que tous les chefs se trouvent à proximité. Nous avons dit que les corps devaient être chacun en état de concentration, parce que sans cela le calcul du

temps nécessaire deviendrait tout autre. Quand on sait ce qu'il en coûte en fait de temps pour opérer un rassemblement, on comprend sans peine que c'est précisément dans ces positions concentrées que consiste l'efficacité de la défense dont il s'agit. Au premier coup d'œil, on serait tenté d'empêcher même l'ennemi de passer en nacelle, en établissant une ligne de postes; mais en exceptant les points peu nombreux qui sont particulièrement propres au passage, une telle mesure serait pernicieuse au plus haut degré. Sans compter que l'ennemi peut le plus souvent, de la rive opposée, accabler sous son feu un pareil poste, il est à remarquer qu'on dépense ainsi ses forces en pure perte; car au moyen d'un tel poste on n'obtient rien, si ce n'est d'amener l'ennemi à choisir un autre point de passage. Par conséquent, à moins qu'on ne soit assez fort pour traiter et défendre la rivière comme un fossé de place forte, ce qui n'exigerait aucun nouveau précepte, cette défense de rive éloignerait nécessairement du but. Outre ces principes généraux concernant la position des troupes, nous devons encore nous occuper : 1° du compte à tenir des particularités locales du fleuve; 2° de l'enlèvement des moyens de passage; 3° de l'influence qu'exercent les places situées sur le fleuve.

Un fleuve, considéré comme ligne de défense, doit avoir des points d'appui à droite et à gauche, tels que la mer ou un territoire neutre; ou bien il

faut que d'autres circonstances empêchent l'ennemi d'opérer un passage au delà des extrémités de cette ligne. Or, des points d'appui de cette nature et de tels obstacles n'accompagnant que des lignes d'un développement considérable, on comprend *à priori* que la défense des rivières ne se conçoit guère qu'alliée à des espaces considérables. Par conséquent, la possibilité d'établir de grandes forces derrière un segment de fleuve relativement court, sort de la série des cas réels, qui sont les seuls dont nous ayons à nous occuper. Nous disons, *un segment de fleuve relativement court*, et nous entendons par là un développement qui ne dépasse pas de beaucoup celui de la ligne qu'on occuperait s'il n'y avait pas de fleuve. Ces cas-là ne se réalisent pas, et toute défense immédiate d'un fleuve devient une espèce de cordon, du moins en ce qui concerne l'étendue de la ligne, et par conséquent n'est nullement appropriée à combattre, par les procédés naturels aux positions concentrées, un mouvement qui tend à la tourner par ses flancs. Lors donc qu'un tel mouvement est possible, la défense directe d'un fleuve est une entreprise souverainement dangereuse, quelque favorables que puissent être ses résultats dans toute autre circonstance.

Pour ce qui concerne les parties du fleuve comprises entre les deux points limites, il va sans dire que tous les points ne se prêtent pas également à un passage. Sous ce rapport, il y a bien quelques géné-

ralités à établir, mais aucune règle ne peut être posée d'une manière absolue, car il arrive souvent que quelque minime détail de localité exerce une influence plus décisive que tout ce qui, dans les livres, prend un relief imposant. Du reste, il serait parfaitement inutile de poser des règles à ce sujet, car l'aspect du fleuve et les renseignements qu'on obtient des habitants, fournissent les données nécessaires presqu'au moyen de la vue directe; il est donc inutile que les livres traitent de cet objet.

En fait de généralités, nous pouvons dire que les routes qui conduisent vers la rivière, ses affluents, les grandes villes riveraines, et enfin surtout les îles, indiquent les points les plus favorables au passage. Mais le commandement d'une rive sur l'autre, la courbure rentrante ou saillante du lit, qui jouent ordinairement le principal rôle dans les livres, ont le plus rarement exercé de l'influence. La raison en est, que l'effet de ces deux accidents de forme ne se fonde que sur l'idée restreinte d'une défense de rive, tandis que ce cas ne se présente que rarement ou jamais sur les grands fleuves.

Quelles que soient les circonstances qui rendent certains points propres au passage, elles auront de l'influence sur la position des forces du défenseur, et modifieront un peu la loi géométrique générale. Cependant il n'est pas prudent de s'écarter trop de cette loi, en se fiant aux difficultés que certains points pourraient opposer à un passage. L'ennemi

choisira précisément les points que la nature rend les moins favorables à un passage, s'il est sûr que ce sont ceux où il a le moins de chances de nous rencontrer.

Dans tous les cas, une mesure qui mérite d'être recommandée, c'est d'occuper en force les îles, parce qu'une attaque sérieuse que l'ennemi dirige contre elles nous indique le plus sûrement le point de passage qu'il a choisi.

Comme les corps établis près du fleuve doivent le longer en descendant ou en remontant, suivant que les circonstances l'exigent, il faut, s'il n'y a pas de route parallèle, compter parmi les préparatifs essentiels de la défense l'appropriation des petits chemins les plus rapprochés qui suivent cette direction ou la construction des bouts de communication nécessaire pour les compléter.

Le second point dont nous devons nous occuper, c'est l'enlèvement des moyens de passage. Sur le fleuve même la chose n'est déjà pas très-facile, ou exige du moins beaucoup de temps ; mais les difficultés deviennent en général insurmontables près des affluents de la rive ennemie, qui sont ordinairement déjà au pouvoir de l'adversaire. Voilà pourquoi il est très-important de fermer les embouchures de ces affluents au moyen de places fortes.

Sur les grands fleuves, les moyens de passage que l'ennemi amène avec lui, c'est-à-dire les pontons, suffiront rarement. Cela donne une grande impor-

tance aux moyens qui existent sur le fleuve même ou sur ses affluents, dans les grandes villes de la rive ennemie, et enfin aux forêts voisines du fleuve, parce que l'ennemi peut les employer à construire des bateaux et des radeaux. Il existe des cas où toutes ces circonstances sont tellement défavorables que le passage d'un fleuve devient presque impossible.

Enfin les places fortes situées sur les deux rives ou sur la rive ennemie, servent non-seulement à empêcher le passage sur tous les points voisins en amont et en aval, mais elles présentent aussi l'avantage de barrer les affluents et de recevoir promptement dans leur enceinte tous les moyens de passage enlevés.

Voilà ce que nous avions à dire de la défense directe d'un fleuve, supposant un grand volume d'eau. Si une vallée profonde et escarpée ou des rives marécageuses viennent s'ajouter à l'obstacle, la difficulté du passage et l'efficacité de la défense y gagnent il est vrai, mais ces circonstances ne peuvent cependant pas suppléer au volume d'eau s'il est insuffisant; car elles ne constituent pas une obstruction absolue; or, cette dernière est une condition *nécessaire* de la défense immédiate.

MÉMOIRE

SUR LA

FORTIFICATION

POLYGONALE

CONSTRUITE EN ALLEMAGNE DEPUIS 1815,

PAR

M. A. MANGIN, Capitaine du Génie.

Ouvrage publié avec l'autorisation de M. le Ministre de la guerre.

1 vol. in-8° avec 4 planches, Paris, 1851, chez Dumaine.

COMPTE-RENDU.

La rédaction de ce Mémoire remonte à 1846. Les ingénieurs allemands commençant à reconnaître les défauts de leurs nouveaux systèmes, l'auteur a cru pouvoir le livrer sans inconvénient à l'impression; d'ailleurs, il lui a semblé utile d'initier les officiers français aux secrets d'une fortification contre laquelle ils sont destinés à lutter un jour.

Il débute par avouer que les améliorations apportées à la fortification par Cormontaingne et ses disciples, se trouvent indépendantes des pro-

grès faits par l'art des attaques, en ne créant aucun nouveau moyen de défense qui réponde à l'organisation des parallèles et à l'emploi du ricochet. Il expose les principaux défauts reprochés au système bastionné, et donne une idée générale des systèmes de Montalembert et de Carnot. Les systèmes de ces généraux français ont été rejetés en France et adoptés en Allemagne. Depuis 1815, les ingénieurs d'outre Rhin emploient dans leurs constructions un tracé polygonal qu'on peut appeler *Montalembert modifié*, tracé dans lequel le flanquement se fait par une caponnière placée sur le milieu du côté extérieur. Après la description de ce tracé, l'auteur se livre à la discussion de ses propriétés.

Il remarque d'abord que les premiers travaux du siége s'exécuteront à la manière ordinaire, parce que les feux des pièces casematées de la place ne peuvent découvrir l'assiégeant qu'au moment où il arrive à couronner la crête du glacis. Le tracé polygonal offre l'avantage de pouvoir grouper sur son pourtour un plus grand nombre de canons que sur le pourtour bastionné; mais cet avantage diminue singulièrement quand on considère que, dans la pratique, on a bien de la peine à réunir, dans une défense, même le nombre total de pièces dont peut s'armer une place bastionnée. Les batteries casematées de la caponnière flanquante, vu le peu de relief des crêtes

qui les couvrent (au-dessus du terrain naturel, 3 mètres pour la crête du glacis en contre-pente, 5 mètres pour la crête intérieure de la contre-garde), peuvent être battues à 600 mètres de distance par un tir de plein fouet et de but en blanc, dont la courbure de trajectoire passe au-dessus de ces crêtes : aussi l'auteur propose-t-il, dans le but de profiter de ce défaut majeur de la fortification allemande, de faire entrer dans les équipages de siége, destinés à l'attaque des nouvelles places, le plus grand nombre possible de pièces de gros calibre, qui réussiront d'autant mieux dans leur tir en brèche que les murailles de la caponnière sont déjà affaiblies par un grand nombre d'ouvertures. Quant aux escarpes détachées à la Carnot, on peut, au moyen du tir à ricochet, les détruire jusqu'au pied, comme cela résulte d'une expérience faite à Woolwich (Angleterre) en 1824, par ordre du duc de Wellington, expérience maintes fois citée depuis cette époque par les écrivains qui se sont occupés de fortification. De là résulte que le flanquement de la place et les murs d'enceinte seront détruits dès les premiers jours du siége, qu'ils pourront l'être à la fois sur tous les fronts sans recourir à une attaque régulière, et que la construction de retranchements intérieurs est dès lors impossible ; en un mot, que la place se trouve dès le début des opérations dans le cas d'être enlevée par une attaque de vive force, d'autant plus que l'adop-

tion du glacis en contre-pente rend impossible, de la part de l'assiégé, tout rassemblement dans les fossés de la place, parce que, dans cette position, il serait facilement enlevé par les détachements de l'assiégeant. Ce dernier inconvénient a déjà fait renoncer, dans quelques places, aux glacis en contre-pente et même aux escarpes détachées; ainsi, à Germersheim, la place est entourée d'un revêtement avec voûtes en décharge, d'une contrescarpe revêtue et d'un chemin couvert. « Il ne reste donc plus du nouveau système, ajoute M. le capitaine *Mangin*, que les caponnières casematées, et encore commence-t-on à se préoccuper sérieusement du danger auquel elles sont exposées de la part des batteries à ricochet. Nous sommes convaincu qu'elles auront aussi leur tour et subiront une transformation radicale, ou partageront bientôt le sort des autres innovations déjà abandonnées. »

Les flancs forment la partie essentielle du tracé bastionné; ils ont néanmoins, surtout à la fin du siége, l'inconvénient de rétrécir l'intérieur de la place, et d'être pris à dos par les ricochets dirigés sur les faces adjacentes. La fortification nouvelle des Allemands présente un inconvénient autrement grave : le défaut de feux rasants et rapprochés de la mousqueterie permet de marcher contre elle à la sape volante, tandis que la construction si peu coûteuse d'un chemin couvert, même sans

traverses, eût procuré des feux convergents sur la tête des cheminements. On arrivera donc promptement à la crête du glacis.

L'auteur du *Mémoire sur la fortification polygonale* considère la cause des casemates comme perdue, disant que le chevalier Deville, qui vivait sous Louis XIII, s'est déjà prononcé dans ce sens ; il ajoute même plus loin que le gouverneur de la place ne peut aussi rapidement passer son inspection dans des séries de casemates que sur des terre-pleins, pour voir si chacun se trouve à son poste. J'avoue que cette dernière raison me paraît peu concluante ; car, s'il n'y avait pas d'autre défaut à reprocher aux casemates, on passerait facilement sur ces inconvénients qui se retrouvent dans les vaisseaux à plusieurs ponts, sans que pour cela, dans un combat naval, le service en aille plus mal ; on fait, il est vrai, dans le branle-bas de combat, disparaître dans chaque pont les cloisons inutiles, mais il en reste encore, et les étages de batteries subsistent toujours.

Le grand nombre de casemates du tracé allemand entraîne une conséquence bien autrement nuisible, celle de diviser les défenseurs en une multitude de petits groupes combattant isolément, ne sachant pas comment marche la défense générale, ne pouvant se réunir que difficilement pour agir avec unité et ensemble. Il y a dès lors morcellement nombreux dans la garnison, morcellement

analogue à celui produit, dans le système du Suédois Virgin, par la multiplicité des ouvrages.

La première partie de l'écrit dont nous rendons compte, celle relative à la discussion des propriétés de la fortification polygonale, se termine par une remarque qui mérite de fixer l'attention. « Nous n'hésitons pas, dit M. le capitaine *Mangin*, à avancer que les changements qui aujourd'hui peuvent être devenus nécessaires dans l'organisation de la fortification, doivent être faits dans un esprit tout contraire à celui qui a présidé aux nouvelles dispositions. Un coup d'œil jeté sur la marche des attaques, depuis l'invention de la poudre jusqu'à l'époque actuelle, le démontre, au reste, jusqu'à l'évidence. Dès que l'assiégeant fait usage du canon, il faut que le défenseur remplace les parapets en pierre par des parapets en terre; lorsqu'ensuite le matériel de l'artillerie se perfectionne, il ne suffit plus d'avoir adopté des parapets en terre, il faut que les maçonneries qui les supportent soient elles-mêmes couvertes par des terrassements. Maintenant qu'un nouveau progrès de l'attaque, le tir à ricochet, vient enlever à ces masses couvrantes une partie de leurs propriétés, comment peut y répondre la défense? Évidemment ce n'est, sous le rapport de la conservation des maçonneries, qu'en renforçant les murailles ou en rapprochant d'elles les terrassements qui les couvrent. Vouloir, au moment où l'artillerie se per-

fectionne, où le tir presque horizontal des projectiles de gros calibre prend de plus en plus de développement, vouloir affaiblir les escarpes, les percer de créneaux pratiqués dans des murs peu épais, et enfin éloigner démesurément les terrassements qui les couvrent, ce n'est pas, à coup sûr, répondre à un progrès, c'est, au contraire, *suivre une marche rétrograde.* »

L'auteur développe ensuite la méthode d'attaque qu'il convient d'adopter contre la fortification polygonale, soit pour une enceinte pourvue de retranchements intérieurs, soit pour une enceinte redoublée par des contre-gardes, et cette partie de son travail, qui jalonne la marche à suivre contre les nouvelles places allemandes en cas de guerre, n'est pas la moins curieuse. On y reconnaît un officier familiarisé avec les secrets de son art, sachant les dire clairement et les dessiner avec netteté.

La fortification bastionnée avec escarpes détachées, employée par les Autrichiens dans leurs travaux de la place de Vérone, ne semble pas beaucoup plus heureuse à M. *Mangin* que le tracé polygonal, en ce sens qu'elle rend possibles les attaques brusquées, et, dans le cas d'une attaque régulière, rend plus prompts les travaux d'approche et le couronnement du glacis, diminue le danger des sorties, facilite la construction des batteries de brèche, empêche l'établissement des

retranchements intérieurs. Cette fortification lui paraît bonne uniquement pour une enceinte que l'on voudrait mettre à l'abri d'un coup de main, en faisant reposer sur des forts détachés la principale défense de la place, et encore dans cette hypothèse il préférerait de beaucoup un tracé bastionné, avec tenailles en terre, place d'armes en avant de la courtine et chemin couvert ordinaire.

Quant aux forts détachés construits par les Allemands aux environs des places, pour les transformer en vastes camps retranchés, forts qui affectent les formes ronde, elliptique ou angulaire, il les déclare médiocres au point de vue des attaques régulières; mais il les reconnaît avantageux lorsqu'il s'agit d'occuper, par un ouvrage peu considérable, un point éloigné de la place, ou lorsque la position à fortifier n'a que peu d'étendue, parce qu'il serait souvent alors difficile ou très-coûteux de recourir au tracé bastionné.

Le *Mémoire sur la fortification polygonale* ne contient aucun nouveau détail sur les *tours maximiliennes* de Lintz; il se borne à reproduire sur ce sujet un extrait de la notice insérée en 1835 dans le *Spectateur militaire*, par M. le colonel *Allard*.

Les tours, employées isolément comme forts détachés aux environs des places, ne constituent aux yeux de l'auteur que de la *fortification rétrograde*, et il s'exprime comme il suit à leur égard dans le *résumé général* qui termine son *Mémoire* :

« Les tours employées, non comme réduits, mais d'une manière indépendante, ne sont que des ouvrages dépourvus de flanquement, abordables immédiatement, et présentant de toutes parts des ouvertures qui peuvent favoriser les attaques de vive force. Incapable de résister aux feux convergents des premières batteries de l'ennemi, ils courent même le risque de voir leur défense entièrement compromise par la chute d'une bombe qui atteindrait leurs affûts fragiles et instables, ou les plates-formes et ornières sur lesquelles ils roulent. *Ce ne sont véritablement que des ouvrages de fantaisie*, où l'on a cru pouvoir dédaigner tous les principes consacrés par la raison et par l'expérience, et que l'expérience aussi se chargera sans doute de remettre en honneur, dès la première attaque que ces ouvrages auront à subir. »

Le *Résumé général* émet le vœu que l'on fasse disparaître pour les flancs de la fortification bastionnée le défaut d'être pris à dos par les ricochets dirigés sur les faces adjacentes; mais il n'indique à cet égard aucun moyen nouveau, et l'on sait que l'on a eu déjà dans ce but recours aux traverses.

Ainsi, en somme, l'auteur trouve d'énormes défectuosités au tracé polygonal, dont on ne peut encore discuter la valeur que *théoriquement*, puisque aucune des places récemment construites, suivant ce tracé, n'a jusqu'à ce jour subi de siége; il déclare avoir fait tous ses efforts pour écarter

dans son travail d'appréciation les *préoccupations classiques*. Nous ne croyons pas qu'il ait entièrement réussi à les écarter, et notre principal indice c'est que son écrit manque d'une certaine liberté d'allure qui lui eût donné plus de prix. Toutefois, nous devons remarquer que, dans sa critique de la fortification polygonale, il a gardé une retenue, et s'est presque toujours exprimé avec une modération auxquelles les écrivains fortificateurs allemands ne nous avaient certes pas habitués depuis 1815, en parlant du corps du génie français. La science doit toujours parler comme il l'a fait, sans aigreur, sans personnalités : son opinion pèse alors davantage, d'autant plus que la convenance dans la forme ne l'empêche point de formuler cette opinion aussi nettement qu'il est nécessaire.

Après avoir cité l'opinion de M. le major prussien *Blesson*, pour prouver que les Allemands, en adoptant les principes de fortification de Montalembert, ont cédé à un besoin exagéré de nationalité, M. le capitaine *Mangin* conclut ainsi : « Les ingénieurs allemands semblent avoir beaucoup perdu de leur confiance dans les dispositions dont ils étaient d'abord si fiers. Aujourd'hui, c'est tantôt les glacis en contrepente qu'ils rejettent ; tantôt ce sont les escarpes détachées, ou même ces deux dispositions à la fois ; et, quant aux caponnières, base essentielle des nouveaux systèmes, ils commencent à s'étonner qu'on ne les ait pas

encore soumises à des expériences analogues à celles dont les murs à la Carnot ont été l'objet. Il y a loin de là, on le voit, à l'orgueil avec lequel ils parlaient d'abord de leur prétendue fortification nationale; aujourd'hui, craignant qu'elle ne repose pas sur des bases solides, ils se bornent à la présenter comme le résultat d'un art en travail, qu'ils veulent bien reconnaître n'avoir pas encore atteint sa perfection. Sous ce dernier rapport, nous sommes entièrement de leur avis; nous pensons même qu'il en est éloigné plus que jamais, et nous ne doutons pas que les premiers coups de canon tirés contre les places nouvelles ne le démontrent jusqu'à l'évidence. »

L'auteur du *Mémoire sur la fortification polygonale* ne fait l'honneur de les citer qu'à trois ouvrages allemands : l'*Esquisse historique de l'art de la fortification permanente* (1830) de M. *Louis Blesson*, l'*Histoire de la fortification permanente* (1839) de M. *A. de Zastrow*, et un article des *Archives pour les officiers des corps royaux prussiens de l'artillerie et du génie*. Il existe des traductions françaises récemment publiées des deux premiers de ces ouvrages, traductions auxquelles le lecteur peut recourir. M. *Blesson* doit sa réputation à d'excellents traités de fortification, d'attaque et de défense des places; M. *A. de Zastrow*, qui porte un nom célèbre dans les fastes militaires de la Prusse depuis Frédéric le Grand, mais qui ne fait pas partie du corps

du génie comme on pourrait le croire, a obtenu un grand succès par l'ouvrage précité, ouvrage adopté pour l'enseignement dans toutes les armées allemandes, ainsi qu'en Suède, en Danemarck, en Sardaigne, en Italie, en Russie et en Angleterre.

Le mémoire dont nous nous occupons se termine par des *notes* sur lesquelles il faut nous arrêter un instant. L'auteur compare d'abord les dépenses de construction du système polygonal et du système bastionné, et il trouve, pour un même développement, un cinquième de moins en faveur du tracé allemand. Puis il ajoute : « Les économies réelles et notables auxquelles l'adoption de la nouvelle fortification peut donner lieu, proviennent donc presque entièrement de la substitution des escarpes détachées aux revêtements terrassés, substitution dont le tracé bastionné est tout aussi susceptible que la fortification polygonale, et qui, si on voulait l'adopter, rendrait la fortification ancienne moins coûteuse que la nouvelle ; mais, ainsi que nous l'avons dit, les Allemands eux-mêmes y ont déjà renoncé dans quelques-unes de leurs places récemment construites ; et si, en France, on ne l'a jamais admise, ce n'est pas faute d'en avoir eu l'idée, mais parce qu'on a toujours trouvé que les nombreux inconvénients défensifs qui s'y rattachent ne peuvent être compensés par aucun avantage économique. »

Le passage suivant mérite aussi d'être cité. « Il est dans nos constructions modernes une disposition qui peut donner lieu à des réflexions sérieuses, nous voulons parler des casernes défensives établies à la gorge de quelques ouvrages pour leur servir de réduits. Il se pourrait que le tir à ricochet parvînt à les désorganiser au point de les rendre intenables au moment de l'assaut, et leur fît perdre ainsi une grande partie de leurs propriétés. Peut-être donc y aurait-il, sous ce rapport, quelques mesures de précautions à ajouter à nos dispositions ordinaires. » Le mieux, suivant nous, consisterait, dans la plupart des cas, à renoncer à ces casernes défensives qui ressemblent beaucoup aux tours proposées par Montalembert pour renforcer la gorge des bastions dans les forteresses existantes, et qui se trouvent vis-à-vis de l'attaque dans une situation analogue à celle des caponnières casematées du tracé polygonal.

Enfin, l'auteur remarque, à la fin de ses *notes*, que les Prussiens proposent aujourd'hui de briser le côté primitif du front de manière à flanquer les faces de la caponnière, ce qui est en réalité revenir au tracé bastionné : la caponnière n'est plus alors qu'un réduit de demi-lune isolé et entièrement en maçonnerie.

Nous avons oublié de mentionner que, au début de son écrit, il reconnaît au nouveau tracé allemand un avantage notable, parce que dans le cas

où les fronts d'attaque se trouvent compris entre des terrains peu praticables, la grande ouverture des angles de la fortification polygonale permet d'en diriger les lignes principales vers des points où l'assiégeant ne peut établir ses batteries. « Les Allemands, dit-il, dans la plupart de leurs places nouvelles, établies, il est vrai, dans des sites favorables, ont tiré un grand parti de cette propriété qui est peut-être la plus importante de ce nouveau genre de fortification. »

Telle est l'analyse sommaire que l'on peut donner du contenu du *Mémoire sur la fortification polygonale.*

Ce mémoire, fidèlement écrit suivant les errements de l'école française, et comme tel d'une lecture facile pour les ingénieurs de notre pays, forme une heureuse apparition, destinée à jeter du jour sur une question en controverse : habilement rédigé, il dénote un esprit habitué à se rendre compte du pour et du contre de chaque dispositif, à méditer sur les propriétés défensives des divers ouvrages, à scruter les ressources de son art. Sobre de détails dans quelques parties, il ne convient entièrement qu'aux officiers ayant de la pratique et connaissant déjà les tracés allemands. Il est vrai que, sous ce rapport, diverses publications utiles ont été faites depuis 1845 nous citerons, entre autres, les *Considérations politiques et militaires sur les travaux de fortifications exécutés*

depuis 1815, *en France et à l'étranger*, par M. le colonel du génie *Ardant*; l'*Essai sur la fortification moderne* et les *Mémoires sur la fortification tenaillée et polygonale* de M. *Maurice de Sellon*; les traductions des ouvrages de MM. *Blesson* et *A. de Zastrow*, indiqués dans ce compte-rendu. Chacun peut donc aujourd'hui, en lisant ces divers ouvrages, se former une opinion sur l'état de la fortification moderne dans les divers pays de l'Europe, question intéressante au point de vue d'une guerre future sur le continent.

ED. DE LA BARRE DUPARCQ.

Paris. — Typ. de H. V. de Surcy et Ce, r. de Sèvres, 37.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

DE LA GUERRE

Par le général Charles de Clausewitz,

Traduction de M. le major d'artillerie NEUENS,

DÉFENSE DES FLEUVES ET RIVIÈRES.

(*Suite*).

Si l'on se demande quel rôle cette défense directe d'un fleuve peut jouer dans le plan stratégique d'une campagne, on est obligé d'avouer qu'elle ne peut jamais conduire à une victoire décisive, d'abord parce qu'elle a pour but de ne pas laisser l'ennemi ar-

river en deçà du fleuve, mais d'accabler la première masse notable de troupes qu'il fait passer ; et ensuite parce que la présence du fleuve empêche de tirer parti des avantages conquis, en les convertissant en victoire décisive au moyen d'une attaque soudaine.

Par contre, la défense d'un fleuve peut faire gagner beaucoup de temps, ce qui, en général, s'accorde précisément avec les vues du défenseur. La réunion des moyens de passage coûte souvent beaucoup de temps à l'ennemi ; si plusieurs essais échouent, la perte de temps devient encore plus considérable. Si la présence du fleuve détermine l'ennemi à imprimer une autre direction à ses efforts, il peut en résulter encore bien d'autres avantages ; enfin, dans tous les cas où l'ennemi n'est pas très-résolu à pousser en avant, le fleuve occasionnera un temps d'arrêt dans son mouvement, et constituera une protection permanente pour le pays.

D'après cela, une défense fluviale directe peut, entre des masses considérables de troupes, sur les grands fleuves et dans des circonstances favorables, constituer un moyen défensif excellent, et donner des résultats qu'on a trop dédaignés dans ces derniers temps, parce que l'on n'a voulu se rappeler que les défenses fluviales tentées sans succès, faute de moyens suffisants. Car si, d'après les données suivies dans notre exemple, données qui peuvent très-bien se rencontrer sur un fleuve comme le Rhin ou le

Danube, on peut efficacement défendre un tronçon de 30 lieues de développement avec 60 mille hommes contre une force très-supérieure, c'est certainement là un résultat qui mérite d'être pris en considération.

Nous disons *contre une force très-supérieure*, et nous devons encore revenir sur ce point. D'après la théorie que nous avons exposée, tout revient aux moyens de passage, tandis que la grandeur des forces qui cherchent à passer est indifférente, pourvu toutefois qu'elles ne soient pas inférieures à celles qui défendent le fleuve. Ceci paraît très-extraordinaire, et pourtant c'est vrai. Mais il ne faut évidemment pas oublier que la plupart des lignes de défense formées par des fleuves, ou pour mieux dire toutes ces lignes, manquent de points d'appui absolus, que l'ennemi peut donc les tourner, et cela d'autant plus facilement qu'il dispose d'une supériorité de forces plus considérable.

La défense directe d'un fleuve, lors même qu'elle est forcée, ne peut pas, quant au résultat, être comparée à une bataille perdue, et peut encore moins conduire à une défaite complète, puisqu'une partie seulement de nos troupes est engagée dans le combat et que l'adversaire, retardé par la lenteur de son mouvement, restreint à un pont, ne peut pas de suite donner du développement aux conséquences de sa victoire. En considérant tout cela, on sera encore moins disposé à faire peu de cas de ce moyen défensif.

Dans toutes les relations de la vie réelle, il s'agit surtout d'arriver à un certain degré de netteté dans l'exécution. C'est ainsi que le résultat d'une défense fluviale diffère du tout au tout, suivant que les circonstances ont été appréciées avec plus ou moins de justesse par le défenseur. Un détail, insignifiant en apparence, peut entièrement modifier la nature du cas, et convertir en une faute désastreuse ce qui eût été sans cela une mesure parfaitement sage et efficace. Cette appréciation toujours nécessaire de l'ensemble de la situation, et qui en exclut l'uniformité de la méthode, présente peut-être plus de difficultés dans la défense fluviale que partout ailleurs. Nous devons donc nous mettre en garde contre les applications et les interprétations fausses. Mais après cela, nous déclarons aussi sans détour que nous n'accordons aucune importance aux clameurs bruyantes de ceux qui veulent résoudre toutes les difficultés par l'offensive et le mouvement, sous l'impression de sentiments vagues, et sans avoir d'idées arrêtées. Ces gens-là voient l'image de la guerre dans le hussard au galop qui brandit son sabre.

Ces sentiments et ces idées ne suffisent pas lors même qu'ils se soutiennent (nous n'avons qu'à rappeler le dictateur, naguère fameux, Wedel à Züllichau en 1759) ; mais ce qu'ils ont de plus mauvais, c'est qu'ils se soutiennent rarement et abandonnent le chef au dernier moment, lorsqu'il se trouve en présence de questions formidables, complexes,

conduisant à mille considérations qui s'entre-croisent.

Nous croyons donc que la défense immédiate d'un fleuve peut donner de bons résultats, lorsque les masses de troupes sont grandes, et les circonstances favorables, et lorsqu'on se borne à une modeste négative. Mais il n'en est pas ainsi lorsque les masses de troupes sont médiocres. 60 mille hommes peuvent bien en empêcher 100 mille de passer un segment de fleuve d'une certaine étendue; tandis que 10 mille hommes ne seraient pas seulement en état d'en empêcher 10 mille de passer quelque part sur une ligne de ce même développement, Ils ne pourraient pas même empêcher le passage d'un corps de la moitié de cette force, si ce dernier voulait s'exposer au danger de se rencontrer sur la même rive avec un ennemi aussi supérieur. La chose est claire par elle-même, puisque les moyens de passage sont toujours les mêmes.

Jusqu'à présent, nous ne nous sommes guère occupé des démonstrations de passage, parce qu'elles entrent peu en considération dans la défense immédiate. En effet, dans cette défense il ne s'agit pas de concentrer sur un seul point toute l'armée destinée à s'opposer au passage, puisque la disposition même des divers corps assigne à chacun d'eux une portion déterminée du fleuve à défendre. D'ailleurs ces démonstrations de passage sont difficiles à exécuter dans les circonstances que nous avons suppo-

sées. Lorsque les moyens de passage sont déjà rares, lorsqu'ils n'existent pas en aussi grande abondance que pourrait le désirer l'agresseur pour assurer le succès de son entreprise, il ne pourra ni voudra probablement en distraire une partie notable pour un simulacre de passage. Dans tous les cas, s'il le faisait, il diminuerait, toutes choses égales, la masse de troupes passant au vrai point. Le défenseur gagnerait donc en temps ce qu'il perdrait en certitude.

Cette défense fluviale immédiate ne semble applicable en général qu'aux fleuves de premier ordre en Europe, et seulement dans la dernière moitié de leurs cours.

La deuxième forme de la défense convient aux rivières de moindre importance, et aux vallées profondes, souvent même à des rivières très-insignifiantes. Elle consiste à prendre position en arrière, à une distance telle qu'on soit en état de tomber, ou sur une partie de l'armée ennemie, si elle a passé sur plusieurs points à la fois, ou sur la totalité partiellement engagée dans le défilé d'un pont ou d'une route unique, et manquant d'espace sur notre rive. C'est une position très-fâcheuse que de devoir livrer bataille étant serré le dos à une rivière considérable ou une vallée profonde, et n'ayant qu'une seule route de retraite. C'est sur le parti qu'on peut tirer de cette circonstance que repose la défense des rivières moyennes et des vallées profondes.

Le fractionnement d'une armée en grands corps établis au bord du fleuve, disposition que nous avons considérée comme la meilleure pour une défense immédiate, suppose qu'il est impossible à l'ennemi de passer inopinément le fleuve en grande force ; car sans cela on s'exposerait grandement à être battu en détail. Si, d'après cela, les circonstances favorables à la défense du fleuve ne sont pas assez avantageuses, si l'ennemi a déjà en son pouvoir une trop grande quantité d'embarcations, si le fleuve contient trop d'îlots ou même de gués, s'il n'est pas assez large, si nous ne sommes pas assez forts, etc., alors il ne peut plus être question d'employer la méthode ci-dessus. Dans ce cas, il faut que les troupes soient retirées un peu en arrière du fleuve, afin que leur réunion soit assurée ; tout ce qui reste à faire alors c'est de les concentrer le plus rapidement possible au point où l'ennemi opère son passage, afin de l'y attaquer avant qu'il n'ait gagné assez de terrain pour avoir plusieurs passages à sa disposition.

Ce procédé exige une chaîne d'avant-postes surveillant et défendant faiblement la rivière ou la vallée, tandis que l'armée, répartie en plusieurs corps, est établie sur des points convenables, à quelque distance en arrière de la rivière (ordinairement quelques lieues).

La circonstance capitale est ici le passage du défilé formé par la rivière et sa vallée. Il ne s'agit donc

plus exclusivement du volume d'eau, mais de l'ensemble du défilé, et en général une vallée profonde et rocheuse est plus favorable à ce procédé de défense que la largeur de la rivière même. La difficulté qu'éprouve une masse considérable de troupes à passer un défilé étroit et prolongé, est bien plus grande dans la réalité qu'elle ne semble devoir l'être d'après le raisonnement. Le temps nécessaire est très-considérable, et le danger que l'ennemi ne s'empare, pendant le passage, des hauteurs en face est très-inquiétant. Si les troupes en tête avancent trop loin, elles rencontrent l'ennemi les premières et sont exposées à être accablées par des forces supérieures. Si, au contraire, elles se tiennent près du point de passage, on accepte le combat dans la situation la plus fâcheuse, c'est donc tenter une entreprise hardie que de passer une telle coupure du terrain pour aller sur l'autre bord se mesurer avec l'ennemi; cela suppose du moins que l'on soit très-supérieur en forces ou en habileté.

Il est vrai qu'une telle ligne de défense ne peut pas avoir un développement comparable à celui de la ligne de défense immédiate d'un grand fleuve; car le but est ici de combattre en état de concentration, et les passages, quelque difficiles qu'ils soient, ne peuvent pas se comparer à ceux d'un grand fleuve. L'ennemi est donc beaucoup plus à même de nous tourner. Toutefois, un tel circuit le porte hors de sa direction naturelle (car nous suppo-

sons que cette direction traverse normalement la coupure du terrain), et l'effet fâcheux des lignes de retraite étroites ne disparaît pas brusquement, mais graduellement; par conséquent, le défenseur conservera encore quelques avantages sur l'adversaire, lorsque celui-ci n'aura pas pu être surpris au milieu de la crise inhérente au passage, et qu'il aura gagné quelque latitude en déviant de sa direction primitive.

Comme nous ne parlons pas des rivières seulement par rapport à leur masse d'eau, mais que nous avons en vue presque davantage la coupure profonde formée par leurs vallées, nous devons excepter formellement les gorges des montagnes; car, dans ce cas, tout ce que nous avons dit des montagnes y est applicable. Mais on sait qu'il y a beaucoup de pays de plaines où les rivières, même les plus petites, forment des coupures escarpées. Il faut en outre ranger dans la même classe celles dont les bords sont marécageux ou présentent d'autres obstacles quelconques.

Dans ces conditions, la position d'une armée défensive derrière une rivière considérable ou une vallée profonde est donc avantageuse; et ce mode de défense fluviale compte alors parmi les meilleures mesures stratégiques.

Le point faible, la pierre d'achoppement que le défenseur n'évite pas toujours dans cette disposition, c'est l'extension trop grande de la ligne occupée par

les forces. Il est si naturel en pareil cas de se laisser attirer par un point de passage après l'autre, et de manquer la vraie limite où il aurait convenu de s'arrêter. Or, si l'on ne réussit pas à réunir toutes ses forces pour le combat, l'effet est manqué; le combat tourne mal, la retraite devient nécessaire, la confusion et les pertes conduisent l'armée très-près d'une défaite complète, même lorsqu'elle ne pousse pas la résistance jusqu'à la dernière limite.

Cette condition suppose donc qu'on ne s'étende pas trop, qu'on soit sûr d'accomplir la réunion de ses forces le soir du jour où l'ennemi effectue son passage. Cette règle générale tiendra lieu de toutes les combinaisons de temps, de force et d'espace qui dépendent trop des localités, dans ce cas, pour pouvoir être mieux précisées.

La bataille qu'on livre dans des circonstances de cette nature doit avoir son caractère spécial, c'est-à-dire le défenseur doit y mettre la plus grande impétuosité. Les démonstrations de passage au moyen desquelles l'agresseur l'aura tenu en suspens pendant un certain temps, seront cause en général qu'il ne pourra arriver sur les lieux que tout juste en temps utile. Les avantages spéciaux de la situation du défenseur consistent surtout dans les inconvénients de la position des corps ennemis qu'il a devant lui; si d'autres corps, ayant effectué ailleurs leur passage, viennent l'envelopper, il ne peut pas, comme dans la bataille défensive, leur porter des

coups vigoureux sur ses derrières, car ce serait là sacrifier les avantages spéciaux de sa situation. D'après cela, le défenseur est intéressé à amener une décision sur son front, avant que des corps qui ont tourné la position ne puissent lui nuire. Or, cela revient à diriger une attaque vive et énergique contre les troupes en face, dont la défaite décidera de tout.

Cependant le but de *cette* défense fluviale ne peut jamais être de résister à des forces trop supérieures, ainsi que cela se conçoit dans le cas de la défense immédiate d'un grand fleuve. En effet, en général on est obligé ici d'engager réellement le combat avec la plus grande partie des forces de l'ennemi; et quoique cela ait lieu dans des circonstances favorables, il est néanmoins évident que la proportion entre les forces opposées entre déjà en considération.

Voilà ce que nous avions à dire sur la défense des rivières moyennes et des vallées profondes, dans le cas où les grandes masses des armées entrent directement en jeu. Pour ces masses, l'accroissement de résistance qui résulte de la défense directe des crêtes de la vallée n'est pas comparable aux inconvénients que leur causerait une position éparpillée, et d'ailleurs la victoire décisive est un besoin pour elles. Mais il peut s'agir seulement de renforcer une ligne de défense secondaire, destinée à une résistance temporaire et à recevoir du soutien. Dans ce cas, on peut aussi défendre directement les escarpements des vallées, et même le bord de la rivière. Il est vrai que

cette défense ne promet pas des avantages analogues à ceux des positions dans les montagnes, mais elle durera du moins plus longtemps qu'en terrain indifférent. Un seul cas rend toutefois cette disposition très-dangereuse ou impossible : c'est lorsque la rivière serpente suivant des courbures fréquentes et prononcées, circonstance qui marche souvent de pair avec l'escarpement et la profondeur des vallées. Le cours de la Moselle en Allemagne en est un exemple. Dans ce cas, les troupes placées dans les coudes saillants seraient presque inévitablement perdues dans la retraite.

Il va sans dire qu'un grand fleuve se prête aussi, et même mieux, au système de défense des rivières moyennes par l'action du gros de l'armée. Il sera même préféré à tout autre lorsque le défenseur cherchera surtout à remporter une victoire complète (Aspern).

Lorsqu'une armée établit son front *contre* une vallée profonde ou un fleuve, afin d'en faire un obstacle, *un renforcement tactique de son front*, cela constitue un cas tout différent et dont l'examen est du ressort de la tactique. Nous nous bornerons à dire de cette mesure qu'elle est fondée sur une illusion. En effet, si la coupure est vaste elle rend le front inattaquable ; or, comme il n'est pas plus difficile de passer à côté d'une telle position que de toute autre, l'effet est exactement le même que si le défenseur s'était écarté pour faire place à l'agres-

seur, ce qui probablement n'était cependant pas le but. Une position de cette espèce ne peut donc être utile que lorsque les localités rendent les relations des deux lignes de communication si défavorables à l'agresseur, que toute déviation de la route directe entraînerait pour lui des conséquences trop nuisibles.

Dans ce second mode de défense, les démonstrations de passage sont plus à craindre ; car l'agresseur les fait avec plus de facilité, tandis que le défenseur doit satisfaire à la condition de réunir toute son armée au point décisif. Néanmoins, d'un côté, le temps n'est pas mesuré avec tant de précision au défenseur, vu que ses avantages ne s'épuisent qu'au moment où l'agresseur a fait passer toutes ses forces et s'est emparé de plusieurs points de passage; d'un autre côté, l'effet des démonstrations n'est pas encore aussi grand que quand il s'agit de la défense d'un cordon où tout doit être maintenu ; car dans ce cas la question ne se réduit pas à savoir où est le gros des forces ennemies, mais en quel point la ligne sera d'abord forcée, ce qui est tout autrement difficile.

Nous devons remarquer encore, quant aux deux modes de défense des grandes et des petites rivières, qu'organisés dans la hâte et la confusion d'une retraite, en l'absence de tout préparatif, à défaut de connaissance précise du terrain, et sans que les moyens de passage aient été enlevés, ils ne peuvent

pas jouer le rôle que nous en avons conçu ; le plus souvent, on ne peut nullement compter sur l'efficacité de ce moyen, et ce serait donc une grande folie d'occuper alors des positions étendues.

En général, rien ne réussit à la guerre que ce qui est clairement conçu et exécuté avec une forte volonté. Il en sera de même de toute défense fluviale à laquelle on a recours, parce qu'on n'a pas le courage d'accepter la bataille en rase campagne, et parce qu'on espère que la largeur de la rivière ou la profondeur de la vallée arrêteront l'adversaire. Alors le général et l'armée ont si peu de confiance dans leur position, qu'ils sont constamment occupés d'appréhensions vagues, qui naturellement se convertissent promptement en désastres réels. Une bataille en rase campagne ne suppose évidemment pas comme un duel, des circonstances parfaitement égales, et le défenseur qui ne sait pas s'y procurer des avantages par la spécialité de sa défense, par la rapidité de ses marches, par la connaissance du terrain, par la liberté des mouvements, est perdu

[redacted]

que les fleuves considérables roulant un grand volume d'eau. Ceux-là seuls peuvent occasionner cet embarras à l'ennemi, vu que les rivières moindres dont le lit n'est que fortement creusé, présentent ordinairement un si grand nombre de points de passage, que la condition ci-dessus disparaît.

Quant à la position, elle doit être très-forte, ou à peu près inattaquable, car sans cela nous épargnerions seulement la moitié du chemin à l'ennemi, et nous renoncerions à nos avantages. Or, si la position est tellement forte que l'ennemi ne peut se résoudre à l'attaquer, il sera souvent par cela même retenu sur la rive où nous nous trouvons. S'il passe, il sacrifie sa communication ; il est vrai qu'il menace en même temps les nôtres. Il s'agit donc encore ici, comme toujours, de savoir lequel des deux adversaires a les communications les plus assurées, soit par leur nombre, soit par leur situation, soit par suite d'autres circonstances. De plus, la perte des communications peut être plus sensible à l'un qu'à l'autre, et celui dont l'armée renferme le plus d'éléments de victoire peut, dans cette lutte, défier son adversaire en s'appuyant sur sa force dans le cas extrême. Le fleuve ne joue d'autre rôle en ceci que de rehausser pour les deux adversaires les dangers de leurs mouvements, en ce qu'ils dépendent d'un certain nombre de ponts. Une telle défense se conçoit donc très-bien, si l'on peut admettre que dans l'ordre ordinaire des choses, les points de pas-

sage du défenseur, de même que ses dépôts de toute nature, sont mieux assurés par des places fortes que ceux de l'ennemi. Par conséquent, dans les cas où les autres circonstances ne favorisent pas assez une défense fluviale immédiate, le procédé ci-dessus peut la remplacer. Il est vrai que dans ce cas l'armée ne défend pas le fleuve, et ce dernier ne défend pas non plus l'armée ; mais l'armée et le fleuve ensemble défendent le pays : or, c'est là ce dont il s'agit en définitive.

Cependant il faut avouer que ce système de défense, exempt de solution décisive, produisant une situation analogue à la tension qui précède le choc de deux électricités contraires, n'est propre à arrêter qu'une impulsion peu énergique. Il peut être employé contre un général prudent et irrésolu, que rien ne pousse énergiquement en avant, lors même qu'il dispose de forces très-supérieures. Il peut convenir aussi lorsque les forces opposées oscillent déjà vers l'équilibre, et que l'on ne cherche plus qu'à se surprendre réciproquement de légers avantages. Mais lorsqu'on a affaire à des forces supérieures, conduites par un chef audacieux, c'est une voie dangereuse et qui touche aux abîmes.

Du reste, ce mode de défense a un air en même temps hardi et savant ; il possède un semblant d'élégance. Mais l'élégance frise aisément la fatuité, et à la guerre celle-ci pourrait bien rencontrer moins d'indulgence que dans la bonne compagnie. C'est

pour cela sans doute que nous voyons peu d'exemples de ce procédé élégant. Il en dérive un moyen auxiliaire pour les deux premières méthodes; il consiste en ce que l'on peut continuellement menacer de passer sur la rive ennemie, en occupant un pont avec une tête de pont.

Outre le but d'une résistance absolue avec le gros des forces, chacun des trois modes de défense fluviale peut encore avoir pour but de *feindre la résistance*.

Cette démonstration d'une résistance qu'on n'a pas l'intention de réaliser, s'applique, il est vrai, à beaucoup d'autres mesures, et au fond à toute position qui est autre chose qu'un camp de marche. Mais la défense simulée d'un grand fleuve devient une vraie représentation, en ce qu'elle comporte une quantité de dispositions de détail, et que l'effet en est d'ordinaire plus grand et plus durable que celui de toute autre démonstration; car l'acte de passer le fleuve en vue de notre armée constitue toujours un pas de haute importance pour l'agresseur; il y réfléchit parfois longtemps avant de le tenter, ou le remet à une époque plus favorable. Pour exécuter cette démonstration de défense, il faut donc que l'armée principale se divise le long du fleuve à peu près comme elle le ferait dans le cas d'une résistance sérieuse. Mais comme l'intention de ne faire qu'une démonstration suppose que les circonstances ne favorisent pas assez la défense réelle,

on pourrait, par cette position, qui suppose toujours une extension et un fractionnement plus ou moins grands, courir le danger d'éprouver de grandes pertes, si les corps s'engageaient réellement dans une résistance sérieuse, fût-elle modérée. Ce serait donc en réalité une demi-mesure. Ainsi dans une démonstration de défense, tout doit être organisé de sorte que l'armée puisse se concentrer sans faute sur un point en arrière, situé à une distance considérable, souvent à plusieurs journées de marche. Sur le fleuve même, on ne doit faire que le degré de résistance qui peut se concilier avec cette condition essentielle.

Pour mieux expliquer notre pensée, et pour faire voir en même temps l'importance que peut acquérir une telle démonstration, nous rappellerons la fin de la campagne de 1813. Napoléon repassa le Rhin avec environ 40 à 50 mille hommes. Il eût été impossible de défendre avec cette force le fleuve dans toute la partie de son développement, sur laquelle les alliés pouvaient passer à leur aise d'après la direction de leurs forces, c'est-à-dire de Manheim à Nimègue. D'après cela, Napoléon ne pouvait penser à la première défense sérieuse qu'environ sur la Meuse française, où il pouvait reparaître après s'être renforcé. S'il avait retiré immédiatement ses forces jusqu'à ce point, les alliés l'auraient suivi pas à pas. S'il les avait cantonnées derrière le Rhin pour les reposer, le même résultat ne pouvait guère tarder à se pro-

duire ; car la circonspection la plus pusillanime n'aurait pu empêcher les alliés de lancer des essaims de Cosaques et d'autres troupes légères sur la rive ennemie ; puis, voyant que cela réussissait, ils auraient suivi avec d'autres corps. Il était donc nécessaire que les corps français prissent des dispositions sérieuses pour défendre le Rhin. Comme il était à prévoir que cette défense ne pourrait aboutir à rien du moment où les alliés tenteraient sérieusement de forcer le passage, elle dut être considérée comme une pure démonstration, qui n'exposait les corps français à aucun danger, puisque leur point de concentration était situé sur la Moselle. Macdonald seul, qui, comme on sait, se trouvait près de Nimègue avec 20 mille hommes, commit la faute d'attendre jusqu'à ce qu'il fût réellement chassé. Or, à cause de l'arrivée plus tardive du corps de Winzingerode, cela n'eut lieu que vers le milieu de janvier, de sorte que ces 20 mille hommes ne purent rejoindre Napoléon avant la bataille de Brienne. Cette défense simulée du Rhin suffit pour suspendre les progrès des alliés, et pour leur faire prendre la résolution de retarder le passage jusqu'après l'arrivée de leurs renforts, c'est-à-dire de six semaines. Ces six semaines de répit durent avoir une valeur immense pour Napoléon. Sans la défense simulée du Rhin, la victoire de Leipzig aurait immédiatement conduit les alliés jusqu'à Paris, et il eût été entièrement impossible aux Français de livrer bataille en deçà de cette capitale.

La défense fluviale de la seconde espèce, c'est-à-dire celle des rivières moyennes, admet aussi de ces démonstrations. Mais elles seront en général beaucoup moins efficaces, parce que des essais de passage sont plus faciles à tenter, de sorte que le charme se trouve bientôt rompu.

Enfin, les deux premiers modes de défense conviennent beaucoup pour donner plus de force et de sécurité à une ligne d'avant-postes, ou à toute autre ligne défensive établie dans quelque but secondaire (cordon). Dans tous ces cas, il ne peut s'agir que d'une résistance relative, résistance qui est naturellement très-rehaussée par un tel obstacle du terrain. Cependant, il ne faut pas, dans cette occasion, tenir autant de compte du temps relativement long que dure la résistance dans le combat même, que de celui qui se perd toujours en réflexions et en temporisations lorsqu'il s'agit d'exécuter une entreprise contre ces dispositions, et qui la font même abandonner 99 fois sur 100.

—

SUITE.

Nous avons maintenant encore quelques remarques à faire concernant l'effet que les fleuves et les rivières produisent dans la défense d'un pays, lors même qu'ils ne sont pas défendus eux-mêmes.

Chaque rivière considérable avec sa vallée principale et ses vallons transversaux constitue un puissant obstacle du terrain, et devient comme tel utile à la défense en général. La nature de cette influence peut être spécifiée quant à ses caractères principaux.

Il faut distinguer d'abord si l'obstacle est parallèle, oblique ou perpendiculaire à la frontière, c'est-à-dire à la direction générale du front stratégique. Dans le cas du parallélisme, nous devons encore dis-

tinguer le cas où l'armée défensive a l'obstacle derrière elle, du cas où l'armée attaquante se trouve dans cette situation. Dans les deux cas, nous devons tenir compte de la distance qui sépare l'armée de la rivière.

Lorsque le défenseur a une rivière considérable non loin derrière lui, à une distance qui n'est cependant pas moindre qu'une étape ordinaire, et qu'en même temps il possède, sur cette rivière, un nombre suffisant de points de passage assurés, il se trouve incontestablement dans une situation bien plus avantageuse que s'il n'avait aucun obstacle derrière lui. Il est vrai que le besoin de tenir compte de la position des points de passage lui ôte quelque peu de son indépendance dans tous ses mouvements ; mais cet inconvénient est bien plus que compensé par la sécurité de son dos stratégique, c'est-à-dire surtout de ses lignes de communication. Il est bien entendu qu'il s'agit ici de la défense du territoire propre ; car en pays ennemi, tout en ayant l'armée de notre adversaire en face, nous aurions toujours à redouter plus ou moins l'ennemi au delà de la rivière, sur nos derrières. Or, dans ce cas, la rivière agirait plutôt nuisiblement qu'avantageusement sur notre situation, à cause des défilés qui l'accompagnent. Plus la rivière est située loin derrière l'armée, moins elle lui sera utile ; et il y a certaine distance qui en rend l'influence nulle.

Lorsque l'armée attaquante doit, en avançant, lais-

ser une rivière derrière elle, celle-ci ne peut agir que nuisiblement sur ses mouvements, car elle étrangle les lignes de communication en les restreignant à quelques points de passage. En 1760, lorsque le prince Henri marcha à la rencontre des Russes sur la rive droite de l'Oder, près de Breslau, cette rivière qui coulait à environ une journée de marche derrière lui, lui servit évidemment de point d'appui. Par contre, les Russes sous Czernitschef, lorsque plus tard ils eurent passé l'Oder, se trouvèrent dans une situation très-incommode, précisément à cause du danger où ils se trouvaient de se voir couper la retraite, restreinte à un seul pont.

Mais lorsqu'une rivière traverse le théâtre de la guerre, à peu près perpendiculairement au front stratégique, l'avantage qu'elle procure est de nouveau pour le défenseur. En effet, d'abord il y a ordinairement un certain nombre de bonnes positions à prendre en appuyant une aile à la rivière, et en tirant parti des vallons transversaux comme renforcements du front (comme l'Elbe a servi aux Prussiens dans la guerre de Sept Ans); ensuite l'agresseur est obligé d'abandonner l'une ou l'autre rive, s'il veut éviter de se diviser. S'il se divise, le défenseur a de nouveau l'avantage, parce qu'il aura à sa disposition un plus grand nombre de points de passage assurés que l'agresseur. On n'a qu'à jeter un coup d'œil d'ensemble sur la guerre de Sept Ans, pour se convaincre de ce que l'Oder et l'Elbe ont été

très-utiles à Frédéric le Grand pour la défense de son théâtre de guerre, consistant dans la Silésie, la Saxe et les Marches. Réciproquement elles ont beaucoup gêné les Autrichiens et les Russes dans la conquête de ces provinces. Cependant, dans toute la guerre de Sept Ans, il n'y a pas eu de défense proprement dite d'aucune de ces deux rivières, et la direction de leur cours est plutôt oblique ou perpendiculaire que parallèle au front, dans la plupart des rapports avec l'ennemi.

Ce n'est que comme voie de transport que la rivière, coulant plus ou moins perpendiculairement au front stratégique, peut en général favoriser l'attaque. En effet, c'est l'attaque qui a les lignes de communication les plus longues, et qui éprouve le plus d'embarras pour les transports de toute espèce dont elle a besoin. L'allégement considérable que procure sous ce rapport une voie navigable doit donc favoriser principalement l'agresseur. Il est vrai que le défenseur aura pour lui la faculté de barrer la rivière au moyen de places fortes à partir de la frontière ennemie, mais cela n'anéantit pas les avantages que l'agresseur peut tirer du cours de la rivière au delà de la frontière. Cependant, beaucoup de rivières ne sont pas encore navigables, là où elles ont déjà une largeur qui n'est pas indifférente sous d'autres points de vue militaires; d'autres ne sont pas navigables en toute saison; la navigation contre le courant est très-lente, et souvent difficile; les nom-

breux détours de plusieurs fleuves rendent la longueur du chemin plus que double ; aujourd'hui les voies de communication entre deux pays voisins sont pour la plupart des chaussées ; enfin, on tire maintenant des provinces voisines la grande masse des objets nécessaires à l'armée, et on ne les fait plus convoyer d'aussi loin. En considérant tout cela, on comprendra qu'une voie navigable ne joue pas un aussi grand rôle dans la question de subsistance d'une armée, que les livres ne le représentent d'ordinaire, et que par conséquent cette influence sur les événements est lointaine et vague.

A. DÉFENSE DE MARAIS.

Les marécages très-vastes, comme celui de Bourtang dans l'Allemagne septentrionale, sont si rares, qu'il ne vaudrait pas la peine de s'en occuper ; mais il ne faut pas oublier que certaines fondrières, et les rives marécageuses de petites rivières se présentent fréquemment, et forment alors des obstacles considérables qu'on peut utiliser pour la défense, [redacted]



soit ; car d'abord une digue ne se construit pas aussi vite qu'un pont, puis on n'a pas de moyens pour jeter au delà les troupes destinées à protéger le travail. Personne ne commencera la construction d'un pont sans employer d'abord une partie des embarcations à transborder l'avant-garde. Pour passer un marais on n'a aucun expédient analogue à sa disposition. Le moyen le plus facile de faire passer le marais à de l'infanterie seulement, serait d'employer des planches; mais si le marais est un peu large, ce travail demande bien plus de temps que le passage des premières embarcations sur un cours d'eau. Si maintenant le marais est traversé par une rivière qui ne peut être passée sans pont, la question du passage des premières troupes devient encore plus embarassante ; car des hommes isolés peuvent bien passer sur de simples planches, sans que celles-ci puissent supporter le transport des fardeaux nécessaires à la construction d'un pont. Cette difficulté peut, dans maintes circonstances, devenir insurmontable.

Une seconde propriété particulière aux marais, c'est qu'on ne peut pas en enlever entièrement les moyens de passage établis comme sur les rivières. Des ponts peuvent être rompus, ou même détruits ; mais des digues peuvent tout au plus être percées, ce qui ne signifie pas grand'chose. Si une petite rivière coule au milieu du marais, on peut à la vérité en enlever le pont; mais cela n'anéantit pas les moyens de passage au même degré, que la destruc-

tion d'un pont sur un cours d'eau considérable. La conséquence nécessaire est donc qu'on doit toujours occuper avec assez de forces et défendre sérieusement les digues existantes, si l'on veut tirer un avantage quelconque de la présence du marais.

D'un côté, on est donc contraint de recourir à la défense locale, tandis que de l'autre cette défense se trouve facilitée par la difficulté que présente le passage sur d'autres points du marais. Ces deux propriétés spéciales des marais font que leur défense prend un caractère plus local et plus passif que celle des cours d'eau.

Il résulte de là qu'on doit être relativement plus fort que pour la défense immédiate des fleuves, ou en d'autres termes qu'on ne peut pas donner tant d'extension à la ligne de défense, surtout dans la partie cultivée de l'Europe, où le nombre des points de passage est ordinairement encore très-grand, même dans les circonstances les plus favorables à la défense.

Sous ce point de vue, les marais sont donc inférieurs aux grands fleuves; et cela est très-important, car toute défense locale présente quelque chose de captieux et de dangereux. Mais il faut considérer que ces marais et fondrières ont ordinairement une largeur incomparablement plus grande que celle des plus grands fleuves européens, et que, par conséquent, un poste défensif qui y est établi ne court jamais le danger d'être accablé sous le feu de la rive

opposée ; que l'effet de son propre feu est immensément rehaussé parce qu'il n'est dirigé que sur une digue longue et étroite ; et en général que le passage par un tel défilé, d'une demi-lieue ou d'une lieue, dure bien plus longtemps que celui d'un pont. Lorsqu'on tient compte de tout cela, on doit avouer que des marais ou fondrières de cette espèce font partie des plus fortes lignes de défense qui existent, quand ils ne présentent pas des points de passage trop nombreux.

Quant à la défense indirecte que nous avons étudiée en nous occupant des cours d'eau, et qui consiste à tirer parti d'un obstacle du terrain pour amener avantageusement une bataille, elle est également applicable aux marais.

La troisième méthode de défense fluviale, qui consiste à prendre position sur la rive ennemie, serait trop hasardée ici, à cause de la lenteur du passage.

Il est extrêmement dangereux d'entreprendre la défense de marais, prairies basses, fondrières, etc., qui, en dehors des digues, ne sont pas absolument impraticables. Un seul point de passage que l'ennemi parvient à découvrir, lui suffit pour rompre la ligne de défense : or, quand la résistance est sérieuse, cela entraîne toujours des pertes considérables pour le défenseur.

B. INONDATIONS.

Il nous reste à nous occuper des inondations. Comme moyens de défense et comme accidents naturels, c'est incontestablement avec les grands marais qu'elles ont le plus d'analogie.

Il est vrai qu'elles sont rares. Peut-être la Hollande est-elle le seul pays de l'Europe où elles constituent un phénomène digne d'attirer l'attention à notre point de vue. Mais ce pays, à cause des campagnes remarquables de 1672 et 1787, ainsi que par sa situation intéressante à l'égard de la France et de l'Allemagne, exige précisément que nous consacrions quelques considérations à ce moyen de défense.

Le caractère des inondations hollandaises diffère de celui des fondrières et des marécages ordinaires dans les points suivants :

1° Le sol même est sec, et consiste en prairies ou aussi en champs labourés.

2° Une multitude de petits fossés d'irrigation et d'assèchement, plus ou moins larges et profonds, découpent le sol en bandes parallèles.

3° Des canaux d'irrigation, d'assèchement et de navigation d'une plus grande section, et retenus entre des digues, parcourent le pays dans toutes les

directions possibles, et sont tels qu'ils ne peuvent être passés sans ponts.

4° La surface du sol de tout le terrain d'inondation est sensiblement plus basse que le niveau de la mer et que celui des canaux.

5° Il suit de là qu'en perçant des digues, en fermant ou en ouvrant des écluses, on peut mettre le pays sous l'eau, de manière que les chemins qui couronnent les digues élevées restent seuls à sec. Tous les autres sont couverts par les eaux, ou sont tellement détrempés qu'on ne peut plus s'en servir. Cette inondation, n'eût-elle que 3 à 4 pieds d'eau, de manière à être guéable dans certaines directions, empêcherait cependant l'emploi de ce moyen à cause des fossés mentionnés sous 2° et qui ne sont plus visibles. L'inondation ne cesse d'être un obstacle absolu à l'accès que dans les endroits où la direction des fossés se trouve coïncider avec celle dont on a besoin, de manière qu'on puisse marcher entre deux fossés sans en franchir aucun. On conçoit facilement que cela ne peut jamais avoir lieu que pour des distances très-courtes, et qu'on ne peut, par conséquent, tirer parti de cette circonstance que pour des besoins tactiques très-spéciaux.

De tout cela, nous pouvons tirer les conséquences suivantes :

1° Que l'agresseur est réduit à un nombre plus ou moins petit de lignes praticables qui longent des

digues passablement étroites, et qui ont ordinairement encore un fossé plein d'eau à droite et à gauche. Ces lignes forment donc des défilés inquiétants et interminables.

2° Que sur ces digues, toute disposition défensive peut être prise avec la plus grande facilité, et se renforcer jusqu'à devenir inexpugnable.

3° Que le défenseur, précisément parce qu'il se trouve ainsi renfermé, est réduit à la défense la plus locale en ce qui touche chaque point isolé, et qu'il doit, par conséquent, attendre son salut d'une résistance parfaitement passive.

4° Qu'il ne s'agit pas d'une ligne de défense unique fermant le pays comme une simple barrière, mais qu'on y trouve partout le même obstacle à l'accès et une égale protection des flancs, de sorte qu'on peut sans cesse y établir de nouveaux postes, et remplacer ainsi chaque partie perdue de la première ligne de défense. On dirait le nombre des combinaisons défensives inépuisable, comme au jeu d'échecs.

5° Mais comme un tel état de choses ne peut se concevoir qu'allié à une population et à une culture très-considérables, il en résulte que le nombre des passages, et par conséquent le nombre des postes qui les défendent, est très-grand, comparativement à d'autres situations stratégiques. On en conclura facilement qu'une telle ligne de défense ne peut pas être très-longue.

La ligne hollandaise principale s'étend, pour la plus grande partie, derrière le Vecht, depuis Naarden sur le Zuyderzée jusqu'à Gorcum sur le Waal, ou réellement jusqu'au Bies-Bosch. Son étendue est d'environ 16 lieues. En 1672 et 1787 on a employé 25 à 30 mille hommes pour défendre cette ligne. Si l'on pouvait compter avec certitude sur une résistance invincible, le résultat serait sans doute très-considérable, du moins pour la province de Hollande que cette ligne couvre. En 1672, la ligne résista réellement à des forces très-supérieures conduites par de grands généraux, d'abord Condé et ensuite Luxembourg. Ces chefs auraient bien pu employer 40 à 50 mille hommes à l'attaque; ils ne voulurent pas recourir à la force avant la saison des gelées; mais l'hiver ne fut pas assez rude. En 1787, au contraire, la résistance de cette première ligne fut complétement nulle. Une ligne beaucoup plus courte, allant du Zuyderzée au lac de Haarlem, fit quelque résistance plus sérieuse; mais elle fut vaincue en un seul jour par une disposition tactique très-subtile du duc de Brunswick, et qui était calculée avec précision d'après les localités. Cependant les forces prussiennes qui marchèrent contre ces lignes, n'étaient que peu ou point numériquement supérieures à celles des défenseurs.

La différence des résultats des deux défenses provient de la différence du commandement supérieur dans les deux cas. En 1672, les Hollandais furent

surpris par Louis XIV au milieu de leur organisation de paix, qui, comme on sait, sacrifiait peu aux besoins militaires, quant aux forces de terre. La plus grande partie des places fortes se trouvèrent donc mal pourvues en objets d'armement et d'approvisionnement de toute espèce, occupées par de faibles garnisons de troupes mercenaires, et commandées par des étrangers infidèles ou par des nationaux incapables. C'est pourquoi les places brandebourgeoises que les Hollandais occupaient sur le Rhin tombèrent bientôt entre les mains des Français, ainsi que toutes celles situées à l'est de la ligne de défense ci-dessus mentionnée, sauf Groningue. La plupart de ces places n'offraient aucune résistance sérieuse, et c'est à leur prise que se réduisit l'activité des 150 mille hommes qui composaient l'armée française.

Cependant, par suite du meurtre des frères de Witt, qui eut lieu en août 1672, le prince d'Orange arriva à la tête du pouvoir, et dès lors il s'introduisit de l'unité dans les mesures de défense. On eut en-



En 1787, la situation était tout autre. Ce n'était plus la république des sept provinces unies, mais la province de Hollande seule qui était l'ennemie véritable de l'agresseur, et qui devait offrir la résistance principale. Il ne fut donc pas question de la prise de toutes les places, qui, en 1672, avait été l'objet principal. La défense se restreignit de prime abord à la ligne ci-dessus. D'un autre côté, l'agresseur n'avait pas 150 mille, mais 25 mille hommes à sa disposition, et, au lieu d'être le roi puissant d'un grand état voisin, il n'était que le général en mission d'un prince lointain et peu indépendant sous maints rapports. Le peuple était partout divisé en deux partis, même dans la Hollande; mais dans cette dernière contrée le parti républicain était fortement prépondérant, et il y était vraiment dans un état d'excitation enthousiaste. Dans ces circonstances, la résistance de 1787 aurait dû produire un résultat au moins aussi favorable qu'en 1672. Mais il subsistait une différence tout au désavantage de la défense de 1787 ; l'unité dans le commandement manquait. Ce qui en 1672 avait été confié à la direction sage, habile et énergique de Guillaume d'Orange, fut abandonné, en 1787, à une commission dite de défense. Cette commission, quoiqu'elle fût composée de quatre hommes d'énergie, ne réussit pas cependant à introduire dans l'ensemble de l'œuvre l'harmonie des mesures, ni à inspirer aux individus une confiance suffisante. Tout le système man-

qua donc de perfection et de solidité dans la pratique.

Nous nous sommes arrêté un moment devant cet exemple historique afin de préciser un peu mieux les idées concernant la mesure défensive qui nous occupe, et pour faire voir en même temps combien les résultats peuvent être différents, suivant que la direction de l'ensemble présente plus ou moins d'unité et de suite.

L'organisation et le mode de résistance d'une pareille ligne de défense sont du ressort de la tactique. Cependant nous nous permettrons, quant au second point, qui se rapproche davantage de la stratégie, une remarque que nous a suggérée la campagne de 1787. Quelque passive que soit, dans l'ordre naturel des choses, la résistance sur des points isolés, nous croyons qu'un retour offensif, partant d'un point quelconque de la ligne de défense, est possible et doit avoir de bons résultats, lorsque l'agresseur n'est pas beaucoup plus fort, ainsi que cela eut lieu en 1787. Une telle pointe est restreinte, il est vrai, par les digues, et ne peut par conséquent jouir ni d'une grande liberté de mouvements, ni d'une impulsion très-vigoureuse. Néanmoins, il est impossible à l'agresseur d'occuper toutes les digues et tous les chemins qui ne servent pas à son mouvement en avant, et par conséquent, le défenseur, qui connaît mieux le pays, et qui est en possession des points fortifiés, doit facilement trouver les moyens

de diriger une attaque sur le flanc des colonnes de l'adversaire, ou de leur couper les communications et par conséquent les approvisionnements.

Si l'on considère combien la situation des troupes qui avancent est gênée, combien elles y dépendent plus que dans tout autre cas de leurs communications, on concevra sans peine, que tout retour offensif du défenseur, n'eût-il pour lui qu'une probabilité lointaine de succès, doit déjà, comme démonstration, faire un grand effet. Nous doutons fort que le circonspect et prudent duc de Brunswick eût osé s'approcher d'Amsterdam, si les Hollandais avaient fait une seule démonstration de cette nature, par exemple du côté d'Utrecht.

—

DÉFENSE DE FORÊTS.

Avant tout, il ne faut pas confondre les forêts épaisses, impraticables, fourrées de broussailles sauvages, avec les grands bois entretenus et cultivés, qui tantôt sont très-clairs, tantôt traversés de chemins innombrables.

Quand il s'agit d'une ligne de défense, il faut laisser les bois de la seconde espèce derrière soi, ou



[redacted]

adversaires y verraient également peu, mais cette égalité dans la négative est contraire aux intérêts naturels du défenseur.

Ainsi les terrains boisés ne peuvent être mis d'aucune manière en rapport avantageux avec les combats du défenseur, excepté toutefois quand il les laisse sur ses derrières. Dans ce cas, il cache à l'ennemi tout ce qui se passe sur ses derrières, et en même temps il s'en sert pour couvrir et faciliter sa retraite.

Cependant, nous ne parlons ici que des bois situés en terrain peu accidenté; car là où le caractère montagneux se dessine nettement, son influence domine aussi les mesures tactiques et stratégiques; or, nous nous sommes occupé ailleurs de cette influence.

Mais les forêts impraticables, c'est-à-dire celles qu'on ne peut traverser que suivant des routes frayées, offrent à une défense médiate des avantages analogues à ceux qu'on peut tirer des montagnes pour amener une bataille dans une situation avantageuse. L'armée peut, derrière ces forêts, et dans une position plus ou moins concentrée, attendre que l'ennemi débouche des défilés pour l'attaquer avec avantage. Une telle forêt a plus d'analogie, quant à ses effets, avec les montagnes qu'avec un fleuve; car elle présente des défilés longs et pénibles, mais elle est plutôt avantageuse que dangereuse sous le rapport de la retraite.

Mais une défense directe de forêts, quelque im-

praticables qu'elles fussent, serait une entreprise très-chanceuse, même pour la plus légère chaîne d'avant-postes ; car les abattis ne sont que des barrières imaginaires, et aucune forêt n'est assez épaisse pour qu'on n'y puisse pas pénétrer en cent endroits avec de petits détachements. Or, pour une chaîne de postes, ces détachements sont les gouttes d'eau qui suintent à travers une digue et qui bientôt sont suivies d'une rupture et de l'invasion générale des eaux.

L'influence des grandes forêts de toute espèce est bien plus sensible dans le cas d'un soulèvement et d'un armement général ; elles constituent le vrai milieu de ces forces irrégulières. Si donc le plan de défense stratégique peut être disposé de manière que les lignes de communication de l'ennemi traversent de grandes forêts, elles peuvent ajouter un puissant levier à l'œuvre de la défense.

—

LE CORDON.

On donne le nom de cordon à toute disposition défensive qui a pour but de protéger directement une portion de territoire au moyen d'une série continue de postes. Nous disons *directement*, car plusieurs corps d'une grande armée, établis l'un à côté de l'autre, pourraient protéger une étendue considérable de territoire contre l'invasion de l'ennemi sans former un cordon ; mais alors la protection ne serait pas immédiate ; elle résulterait de combinaisons et de mouvements.

Il saute aux yeux qu'une ligne de défense, aussi longue qu'elle doit l'être pour couvrir immédiatement une portion considérable de territoire, ne peut offrir sur chacun de ses points qu'un degré très-minime de résistance. Il en serait ainsi, quand même

le cordon serait formé par les plus grandes masses de troupes, pourvu que des masses égales fussent destinées à l'attaquer. Le but d'un cordon ne peut donc être que de protéger contre des chocs très-faibles, que cela provienne de la faiblesse de volonté ou de l'exiguité de la force qui doit effectuer ce choc.

C'est dans ce sens qu'il faut considérer l'érection du mur de la Chine ; il protége contre les incursions des Tartares. Toutes les lignes et organisations défensives des frontières, des états européens en contact avec l'Asie ou avec la Turquie, ont cette même signification. Ainsi employé, le cordon ne paraît plus ni absurde ni mal approprié au but. Sans doute, il ne peut pas empêcher toutes les incursions, mais il les rend du moins plus difficiles et par conséquent plus rares. Or, vis-à-vis des peuplades asiatiques, chez lesquelles l'état de guerre est à peu près permanent, cela a beaucoup d'importance.

Immédiatement après cette signification du cordon, viennent les lignes qui, dans les guerres modernes, se sont produites aussi entre les états européens : telles sont les lignes françaises du Rhin et à la frontière belge. Au fond, leur érection n'était destinée qu'à protéger le pays contre les attaques ayant pour but exclusif de lever des contributions de guerre ou de vivre aux dépens de l'ennemi. Elles ne sont donc destinées qu'à arrêter les opérations secondaires, et par conséquent aussi seulement des

forces subordonnées. Mais si le gros des forces ennemies se dirige vers cette ligne, il faut bien que le défenseur l'occupe de son côté avec l'armée entière ; or, cela ne produit pas les meilleures dispositions défensives. De nos jours, on a donc regardé ce moyen comme mauvais, d'abord à cause de l'inconvénient ci-dessus, et ensuite parce que laprotection contre des incursions est dans une guerre temporaire un but d'une importance très-subordonnée, pour lequel la présence des lignes peut entraîner facilement à une dépense de force disproportionnée. Plus la guerre sévit avec violence, plus ce moyen devient inutile et dangereux.

Enfin, on doit encore considérer comme cordons les lignes d'avant-postes très-étendues, destinées à couvrir les cantonnements d'une armée, et devant à cette fin offrir un certain degré de résistance.

Cette résistance est surtout destinée à empêcher des incursions et autres entreprises de détail dirigées contre la sûreté de parties de cantonnements. Lorsque le terrain s'y prête, la résistance peut devenir suffisante pour répondre à ce but. Contre l'armée ennemie qui s'avance, cette résistance ne peut être que relative, c'est-à-dire destinée à faire gagner du temps. Mais le délai gagné sera en général de fort peu d'importance ; on doit donc le considérer comme n'ayant qu'une faible part dans la destination du cordon d'avant-postes. La concentration et l'ap-

proche de l'armée ennemie ne peuvent jamais avoir lieu assez secrètement pour que le défenseur n'en reçoive la nouvelle que par l'intermédiaire de ses avant-postes ; car il serait bien à plaindre s'il devait en être ainsi.

Par conséquent, dans ce cas aussi, le cordon n'est destiné qu'à résister à des forces médiocres ; et en cela il n'a rien d'absurde, de même que dans les cas qui précèdent.

Mais que l'armée destinée à défendre un pays s'étende vis-à-vis de l'armée ennemie en une longue ligne de postes défensifs, c'est-à-dire forme le cordon, cela paraît tellement contraire au bon sens, qu'on est obligé de se mettre en quête des circonstances particulières qui peuvent avoir accompagné ou motivé une telle disposition.

Toute position dans les montagnes, lors même qu'elle est prise en vue d'une bataille générale, peut et doit nécessairement être plus étendue qu'en plaine. Elle le peut, parce que les ressources du terrain rehaussent beaucoup la résistance ; elle le doit, parce qu'on a besoin dans les montagnes d'une ligne de retraite plus large, ainsi que nous l'avons déjà fait voir dans le chapitre qui traite de la défense des montagnes. Mais lorsqu'il n'y a pas d'apparence d'une bataille prochaine, lorsqu'il est probable que l'adversaire se tiendra longtemps inactif devant nous, sans entreprendre autre chose que de profiter des occasions favorables qui peuvent se présenter, état

des choses qui était très-commun dans les guerres d'autrefois : alors il est naturel de ne pas se restreindre au strict nécessaire quant à la possession du terrain; nous sommes conduits ainsi à vouloir rester maîtres d'autant de terrain à droite et à gauche, que notre sûreté en comporte ; d'ailleurs, comme nous le ferons voir, cette occupation nous procure maint avantage. Dans un terrain découvert et accessible, on obtient le même résultat à un plus haut degré que dans les montagnes, et cela au moyen de l'élément du *mouvement;* c'est pourquoi l'extension et le fractionnement sont dans un tel terrain rendus moins nécessaires par ce but ; elles seraient du reste beaucoup plus dangereuses, parce que chaque partie y est beaucoup moins susceptible de résistance.

Mais dans les montagnes, toute possession de terrain se fonde davantage sur la défense locale. On ne peut pas s'y porter aussi rapidement vers un point menacé, et si l'ennemi a atteint ce point le premier, on ne parvient pas aussi facilement à l'en déloger au moyen de forces un peu supérieures. D'après cela, on arrivera toujours dans les montagnes à une disposition, qui, si elle n'est pas précisément un cordon, s'en approche du moins, en se composant d'une série de postes défensifs. Il est vrai qu'il y a encore un grand pas entre une telle position fractionnée en postes et un cordon ; néanmoins les généraux franchissent souvent ce pas sans s'en douter, et

[illegible] parce qu'ils se laissent entraîner graduellement. D'abord, c'est dans le but de couvrir et de dominer le pays qu'on commence à se disséminer, puis la sécurité de l'armée elle-même se substitue graduellement à ce but. Chaque commandant de poste calcule l'avantage qu'il obtiendrait en occupant tel ou tel point voisin accessible à l'ennemi, et c'est ainsi que le tout se subdivise et se ramifie insensiblement [illegible] de degré en degré.

Lorsqu'une armée engage donc ses forces principales dans une guerre de cordon, elle ne choisit pas cette forme à dessein afin d'arrêter tout choc quelconque de l'armée ennemie. C'est plutôt une situation dans laquelle on se trouve amené en poursuivant un tout autre but, c'est-à-dire en cherchant à maintenir et à défendre le pays contre un ennemi qui ne s'engage pas dans des entreprises capitales. Cependant, une telle situation constitue toujours une faute, et les motifs auxquels le général a concédé un petit poste après l'autre, doivent être considérés comme mesquins vis-à-vis du but que

[redacted]

vi avec succès, ou du moins sans conséquences fâcheuses. Chacun vante les campagnes *irréprochables* du prince Henri dans la guerre de Sept Ans, parce que le roi les a qualifiées ainsi; cependant ces campagnes présentent les exemples les plus saillants et les plus inexplicables de chaînes de postes tellement étendues, qu'elles méritent certainement de passer pour des cordons, si jamais il y en a eu qui l'aient mérité. On peut justifier complétement ces positions en disant : le prince connaissait ses adversaires ; il savait qu'il n'avait aucune tentative sérieuse à redouter de leur part ; et comme d'ailleurs le but de ses dispositions était toujours d'occuper autant de terrain que possible, il a poussé l'extension de sa position aussi loin que les circonstances le lui ont permis. Si le prince avait une fois essuyé un revers par suite de la fragilité de ce système, on aurait dû dire, non pas que le prince suivait un système de guerre vicieux, mais qu'il s'était mépris dans le choix de ses mesures, en les appliquant là où elles ne convenaient pas.

Si nous nous efforçons de faire voir ainsi comment l'armée principale d'un théâtre de guerre peut être entraînée à s'étendre sous forme de cordon, et comment cela peut même être rationnel et utile, loin d'être absurde, nous sommes cependant obligé d'avouer d'un autre côté qu'il s'est présenté réellement des cas où des généraux en chef, ou bien leurs états-majors, ont méconnu la vraie signification du sys-

tème de cordon, ont confondu sa valeur relative avec son caractère général, et l'ont réellement cru susceptible de résister à une attaque de l'ennemi. Dans ce cas, on ne s'est donc plus trompé dans le choix du moyen, mais on en a méconnu l'essence. Nous devons l'avouer, cette véritable absurdité paraît avoir prévalu, entre autres, lors de la défense des Vosges par l'armée prussienne et l'armée autrichienne en 1793 et 1794.

—

NOUVEAU SYSTÈME
D'ARTILLERIE DE CAMPAGNE
DE
LOUIS-NAPOLÉON BONAPARTE.

PAR

MARTIN DE BRETTES,

Capitaine-commandant au 3e Régiment d'artillerie.

> ..... Gribeauval a beaucoup réformé, beaucoup simplifié, l'artillerie est encore trop lourde, trop compliquée ; il faut encore simplifier, uniformer, réduire jusqu'à ce qu'on soit arrivé au plus simple.
>
> (*Mémoires de Napoléon.*)

Monsieur le président de la République, bien longtemps avant d'occuper la haute position à laquelle il a été appelé par six millions de suffrages, était connu dans le monde militaire par de sérieux (1) travaux. L'objet de ses études de prédilection était l'arme de l'artillerie dont Napoléon avait fait un si terrible usage, et sur laquelle il a émis l'opinion suivante :

« L'artillerie fait aujourd'hui la destinée des peuples : celui qui sait faire arriver subitement, à l'insu de l'ennemi, sur un des points, une masse d'artillerie, est sûr de l'emporter. »

Depuis l'époque où l'empereur écrivait ces mémorables paroles, l'artillerie de tous les pays a été amé-

(1) *Manuel d'Artillerie à l'usage de la Confédération Helvétique*, 1836; *Études sur le passé et l'avenir de l'artillerie*, 1846-51.

liorée à l'envi dans son organisation, son personnel et son matériel.

Néanmoins, il reste encore beaucoup à faire pour arriver au degré de perfection indiqué par Napoléon dans ses mémoires.

Marcher vers ce but, tel est l'objet que s'est proposé l'auteur de l'*Histoire du passé et de l'avenir de l'artillerie* (1). Son goût, ses études spéciales, l'examen et la comparaison des diverses artilleries de l'Europe, que ses voyages lui ont permis de faire, ont été mis à profit pour élaborer et donner le jour à un nouveau système d'artillerie de campagne.

Les nombreuses et importantes occupations de M. le président de la République ne lui laissant pas le loisir de s'occuper lui-même de développer et de mettre au jour son heureuse idée, il a confié ce soin à M. le capitaine Favé, un des laborieux officiers de l'artillerie française.

Le livre de M. Favé se compose de deux parties. Dans la première, l'auteur expose le nouveau système et ses avantages sur celui qui existe. Cette partie avait déjà été publiée en 1850. Dans la seconde, l'auteur rapporte ses expériences comparatives faites dans quatre écoles d'artillerie par ordre du ministre de la guerre, d'après un programme dressé par le comité d'artillerie.

Dans la même année, le nouveau système a été examiné par le comité d'artillerie, le rapport adressé

(1) Tome 1, in-4°. — 1846, chez Dumaine.

au ministre, approuvé, les canons à essayer fondus, les expériences faites, les rapports partiels rédigés, envoyés au ministre et dépouillés.

Jamais pareille activité n'avait été déployée par le comité d'artillerie.

La tendance générale de l'artillerie à diminuer le nombre, la variété des bouches à feu, et, par conséquent, à simplifier les approvisionnements et les attirails, est la donnée historique qui sert de base au nouveau système.

L'histoire, en effet, montre qu'avant le XVIe siècle, le nombre, la variété des bouches à feu compliquant beaucoup le service de l'artillerie, rendaient cette arme peu utile. L'artillerie alors était pour les généraux d'armées un sujet perpétuel de plainte, à cause des mille difficultés qu'elle apportait à l'exécution de leurs plans. Elle était alors avec raison rangée au nombre des *impedimenta*.

Vers le milieu du XVIe siècle, le nombre des calibres des canons fut réduit à six. Chacun avait un affût différent. C'était pour l'époque un immense progrès.

Vers le milieu du XVIIe siècle, l'artillerie se compliqua par suite de l'adoption de plusieurs pièces étrangères pendant les guerres de Louis XIV. Il y eut ainsi un moment d'anarchie dans l'artillerie.

Dans le commencement du XVIIIe siècle, Valière ramena l'artillerie au système du XVIe, en le modifiant. Ainsi il supprima le canon du plus gros calibre,

comme trop peu mobile, et ajouta une bouche à feu nouvelle destinée à lancer des boulets creux (l'obusier), et un canon léger de 4 (1).

Jusqu'alors les bouches à feu, les affûts et les attirails variaient pour un même calibre d'un département d'artillerie à l'autre. Valière rendit les bouches à feu uniformes pour toute la France, mais négligea d'opérer cette uniformité pour le reste du matériel; de sorte que les rechanges d'un équipage d'artillerie construit dans un arsenal ne pouvaient servir à réparer celui qui sortait d'un autre établissement.

L'illustre Gribeauval, quittant l'ornière suivie par ses prédécesseurs, sépara l'artillerie de campagne de celle de siége.

L'artillerie de campagne se composa dès lors exclusivement de pièces légères, savoir :

Les canons de 12, de 8 et de 4 ;

L'obusier de 6 pouces.

Non-seulement l'uniformité fut ramenée dans la

La charge des bouches à feu fut rendue constante pour accélérer le tir et fixée à un tiers du poids du boulet ; elle était beaucoup plus faible pour l'obusier, à cause du genre de tir de cette bouche à feu.

Malgré ses efforts, Gribeauval fut obligé de conserver dans son système d'artillerie de campagne :

Quatre espèces d'affûts de campagne,

Sept espèces de roues.

En 1827, M. le maréchal Vallée fit adopter le système actuel d'artillerie de campagne, qui est beaucoup plus simple, car il se compose de

Quatre bouches à feu, savoir :

Le canon de 12 et celui de 8 ;

L'obusier de 16 centimètres et celui de 15 centimètres.

Deux affûts, savoir :

L'un pour le canon de 12 et l'obusier de 16 centimètres ;

L'autre pour le canon de 8 et l'obusier de 15 centimètres.

Deux roues :

La charge des canons a été maintenue à un tiers du poids des boulets.

Celle des obusiers a été fixée à un septième et à un quatorzième du poids du boulet creux ou obus.

Ce rapide résumé historique permet de reconnaître à quel degré de simplicité l'artillerie de campagne est arrivée relativement au passé.

Cependant l'artillerie de campagne a encore aujourd'hui deux espèces de boulets, deux espèces d'obus, quatre espèces de boites à balles. Total, *huit projectiles différents* et six charges différentes.

Cette simplification est-elle la dernière limite du possible, eu égard aux effets de l'artillerie ? Faut-il regarder le système actuel comme le dernier terme du progrès?

On ne le pourrait sans imprudence ; l'histoire a enregistré trop de démentis donnés par l'expérience à ceux qui assignaient au progrès pour limite celle de leur intelligence, soit dans l'industrie, les arts et les sciences.

A l'époque où le système actuel a été créé, un des généraux d'artillerie les plus expérimentés, le général Alix, proposait déjà, comme on sait, un système d'artillerie plus simple.

C'était d'adopter seulement :

Un canon et un obusier ;

Un seul affût pour les deux bouches à feu.

Ce qui, comme on le voit, diminuait de moitié le nombre et la variété des bouches à feu, des affuts, approvisionnements et rechanges. Cette proposition ne fut pas accueillie favorablement.

M. le président de la République, réformateur plus radical encore, propose

De n'avoir qu'*une seule bouche à feu* destinée à lancer à la fois le boulet plein et l'obus.

Le nombre de projectiles sera ainsi réduit à trois,

savoir : un boulet, un obus, une boîte à balles, et deux charges.

Ce qui ramène pour ainsi dire à la limite de la simplicité le matériel, les approvisionnements et rechanges.

En résumé, le système proposé consiste, d'après l'auteur :

« 1° A réduire la charge du boulet de 12 du tiers au quart du poids du boulet;

» 2° A réduire le poids de la pièce actuelle dans le même rapport que la charge;

» 3° A placer la bouche à feu nouvelle sur l'affût de 8 actuel;

» 4° A tirer dans cette bouche à feu, soit le boulet plein à la charge du quart, soit l'obus de 12 centimètres avec une charge que l'expérience déterminera et qui pourra être proportionnellement plus forte que celle des obus actuels;

» 5° A n'avoir pour l'artillerie de campagne qu'une bouche à feu, *le canon obusier de* 12, un affût et trois projectiles, y compris la boîte à balles. »

La réduction de la charge du tiers au quart n'est pas adoptée arbitrairement, mais d'après les résultats d'expérience déjà anciens et l'exemple donné depuis longtemps par l'artillerie autrichienne. Cette réduction tend à se généraliser, car elle est adoptée depuis plus d'un an en Hollande.

Ce qui paraît avoir surtout déterminé l'auteur à adopter pour la charge la proportion du quart du poids du

boulet, c'est l'observation d'un fait remarquable constaté par les expériences faites à Metz avec le pendule balistique, de 1836 à 1840. C'est que la charge de la pièce de 12 réduite du tiers au quart du poids du boulet, ou diminuée d'*un quart* de son propre poids, diminue seulement la vitesse initiale du projectile d'*un dix-septième*.

La charge du tiers, ou 2 kilogrammes, donne 491 mètres de vitesse initiale par seconde,

Et celle du quart, 1 k. 50, donne 462 mètres de vitesse initiale par seconde.

Ces deux vitesses diffèrent seulement de 29 mètres ou un dix-septième.

Cette faible diminution a pour conséquence nécessaire le fait suivant d'une grande importance :

Un boulet de 12, partant avec une vitesse initiale de 500 mètres par seconde n'en a plus qu'une de 450 mètres à 86 mètres de distance de la bouche à feu (1). De là on peut conclure qu'un boulet de 12 avec une vitesse initiale de 491 mètres en aura une de 462 mètres à 50 mètres de la bouche à feu.

D'où il résulte que si l'on tire deux boulets de 12, l'un à la charge du tiers, l'autre à la charge du quart (mais en se portant dans le deuxième cas à 50 mètres en avant de la première position du canon), les courbes ou trajectoires parcourues par les deux projectiles seront les mêmes.

Cette diminution de 50 mètres dans la trajectoire

(1) *Introduction à la mécanique industrielle*, par Poncelet.

est bien compensée par l'économie de poudre, laquelle s'élèvera à un quart de celle consommée actuellement.

Si à cet avantage de la nouvelle bouche à feu on ajoute celui qu'elle possède d'être supérieure en portée et en justesse à celle de 8 à toutes les distances, il est probable qu'on deviendra partisan de la réduction du poids de la charge du boulet de 12 du tiers au quart.

Cette diminution de la charge diminue la quantité de gaz produite dans un espace déterminé, leur tension, et permet de réduire sans danger l'épaisseur de la bouche à feu. Cette propriété a été mise à profit pour alléger la pièce de 12 et lui donner à peu près le poids de celle de 8, car la différence serait seulement de 79 kilogrammes.

Le tracé de la nouvelle bouche à feu diffère un peu de celles en usage. Ainsi :

La longueur d'âme est réduite de 17 calibres à 14,6, ce qui paraît sans inconvénient, vu la réduction de la charge. Des expériences faites en l'an XI avec des canons de 6 variant de 10 à 21 calibres de longueur semblent confirmer cette hypothèse, car elles ont montré que les portées commençaient à diminuer seulement au-dessous de 14 calibres, et que de 14 à 17 les résultats variaient peu (1).

L'axe de la bouche à feu a été rapproché de celui des tourillons, ce qui, dans le tir, diminue, d'après

(1) *Cours d'Artillerie*, par M. le général Piobert.

la théorie, le choc sur la vis de pointage, et fatigue moins l'affût.

Le centre de gravité a été rapproché de la culasse, afin d'augmenter la stabilité de la bouche à feu dans le tir.

Enfin les proportions de la nouvelle bouche à feu ont été calculées de manière qu'elle pût être placée sur l'affût de 8 du système actuel.

M. le président de la République propose de tirer dans la nouvelle bouche à feu le boulet et l'obus. L'adoption de cette idée pour l'artillerie de campagne procurerait l'avantage précieux, de pouvoir employer dans chaque cas toutes les bouches à feu d'une batterie pour produire un effet déterminé. Cela est impossible aujourd'hui, avec nos batteries mixtes, composées de canons et d'obusiers, bouches à feu dont les propriétés sont différentes ; car si l'on a besoin de tirer des projectiles creux, les canons sont peu utiles ; s'il faut des boulets, les obusiers sont inutiles. Cette double propriété donnée à toutes les bouches à feu de campagne réalisera donc une amélioration importante dans leurs effets.

Depuis la paix de 1815, le but des perfectionnements des obusiers a été le tir à fortes charges. Les effets produits par les licornes russes paraissent en être cause.

C'est un progrès incontestable et d'une grande importance ; il était même nécessaire pour arriver au tir des obus à balles (schrapnells), projectiles destinés

à donner à l'artillerie une puissance meurtrière pour ainsi dire sans limites.

Mais ce progrès n'a été obtenu qu'en s'écartant de l'idée qui avait donné naissance aux obusiers, savoir, d'obtenir des feux courbes. On verra plus loin que le nouveau système peut facilement réunir à la fois le tir aux grandes vitesses et les feux courbes.

L'idée de tirer des obus dans les canons n'est pas récente, elle remonte à plusieurs siècles. Elle reparut au dernier siècle, car le général Andréossy fit quelques expériences à ce sujet en 1793, à la charge d'un tiers du poids de l'obus. Un des motifs qui paraissent avoir empêché de mettre à profit ces expériences était la mauvaise qualité de la fonte, car les obus se brisaient souvent. Mais aujourd'hui, avec les progrès obtenus dans la métallurgie, cet inconvénient a disparu, et rien n'empêchera de tirer des obus avec de fortes charges, comme se l'est proposé l'auteur du système.

L'obus tiré dans le canon-obusier étant plus petit que ceux employés actuellement, on pourrait craindre l'infériorité dans ses effets après l'explosion.

Il n'en est rien; car, sous le rapport des éclats,

Un obus de 16 centimètres donne 21 éclats, dont 17 pèsent plus de 0 kilogr. 100;

Un obus de 15 centimètres donne 22 éclats, dont 19 pèsent plus de 0 kilog. 100;

Un obus de 10 centimètres donne 17 éclats, dont 14 pèsent plus de 0 kilogr. 100;

Mais comme, à poids égal ;

Un obus de 16 centimètres est équivalent à 2 obus 1/2 de 12 centimètres ;

Un obus de 15 centimètres est équivalent à 1 obus 3/4 de 12 centimètres.

Il résulte que,

Pour un obus de 16 centimètres donnant 21 éclats, dont 17 pèsent plus de 0 kilogr. 100, on aura 2 obus 1/2 de 12 centimètres, donnant 42 éclats, dont 33 pèsent plus de 0 kilogr. 100 ;

Et pour un obus de 15 centimètres donnant 22 éclats, dont 19 pèsent plus de 0 kilog. 100, on aura un obus 3/4 de 12 centimètres, donnant 38 éclats, dont 23 pèsent plus de 0 kilog. 100.

Ainsi l'avantage du nombre des éclats, même de ceux pesant plus de 0 kilogr. 100, considérés comme seuls efficaces, sera pour le nouveau système à poids égal de projectiles.

Cet avantage sera encore plus marqué si l'on considère que, les éclats de l'obus de 12 centimètres étant animés d'une plus grande vitesse que ceux des obusiers de 15 et 16 centimètres, leurs effets seront beaucoup plus efficaces à poids égal, même à poids moindre.

La pénétration de l'obus de 12 centimètres sera inférieure à celle des obus de 15 et 16 centimètres, à vitesse égale, il est vrai ; mais cette infériorité pourra être compensée par une plus grande vitesse à égale distance du but pour les trois bouches à feu.

La boîte à balles proposée est celle du canon de 12

actuelle, mais diminuée d'un rang de balles. Cette diminution, nécessitée par l'allégement du canon, diminuera nécessairement l'effet de chaque coup; mais on pourrait compenser cette infériorité par une augmentation du nombre des coups, s'il était nécessaire.

La simplicité du système d'artillerie proposé, la mobilité de la bouche à feu, la probabilité théorique que les effets moyens du nouveau système ne seront pas inférieurs à ceux de celui en usage, ne sont pas les seules conditions à remplir; il était encore nécessaire de s'assurer que les moyens de transport ne seront pas augmentés.

C'était une condition économique importante à laquelle il a été satisfait sans rien changer au nombre actuel de voitures et de coffres et munitions.

Il a suffi pour cela de fixer le nombre des coups à 28 par coffre, dont le poids s'est trouvé alors intermédiaire entre celui du canon de 8 et celui de l'obusier de 15 centimètres, qui entrent dans la composition de la même batterie.

Les caissons du nouveau système seront donc aussi mobiles que ceux de la batterie de 8.

L'analyse que nous venons de faire montre qu'en définitive, le système proposé par M. le président de la République se résume en deux mots : *simplification de l'artillerie de campagne, sans diminuer ses effets*.

Ce système a été soumis au comité de l'artillerie

Déviations moyennes latérales en mètres.

	Charge.	AUX DISTANCES DE 500 mètres.	600 mètres.	700 mètres.	800 mètres.	900 mètres.	Aux cinq distances.
Canon de 8.	1k223	1, 45	1, 81	2, 37	3, 48	3, 78	2, 58
Canon de 12.	1,958	1, 28	1, 75	1, 88	2, 70	3, 12	2, 16
Canon-obusier de 12. .	1,500	1, 50	1, 74	2, 34	2, 80	3, 53	2, 49

On voit que les déviations latérales des projectiles lancés par le canon-obusier sont comprises entre celles des boulets de 12 et de 8. Mais, comme le fait remarquer M. le capitaine Favé, elles ont peu d'importance dans la pratique resserrée entre ces limites, attendu que l'artillerie de campagne n'a pas pour objet d'atteindre un homme, un point mathématique, mais de tirer sur des surfaces peu élevées et généralement allongées, telles que le front d'une division, d'un bataillon, etc.

Si l'on considère que, dans l'artillerie de campagne actuelle, le canon de 12 n'entre que pour un cinquième, et celui de 8 pour quatre cinquièmes, on sera porté à considérer l'efficacité du système proposé comme étant au moins égal à celle du système actuel.

Les résultats du tir des obus, au point de vue du

nombre des coups qui ont atteint le but et de leurs déviations latérales, sont résumés dans les deux tableaux suivants :

1° *Moyenne du nombre de coups, sur 100 tirés, qui ont atteint le panneau.*

	Charge.	AUX DISTANCES DE 500 mètres.	600 mètres.	700 mètres.	800 mètres.	900 mètres.	Moyenne des cinq distances.
Obusier de 15.	1k50	«	»	»	23,0	17,3	20,3
	0.00	36,6	22,3	16,9	13,3	»	20,4
Obusier de 16.	1,50	»	»	»	38,4	36,4	37,5
	0,75	48,0	26,9	24,0	14,2	14,2	28,0
Canon-obusier de 12. .	1,225	67,3	70,8	43,0	35,0	33,0	49,7

Ce tableau montre la supériorité du tir du canon-obusier sur celui des obusiers actuels, sous le rapport du nombre des coups qui ont atteint le but.

2° Moyenne (en mètres) des déviations latérales.

	Charge.	AUX DISTANCES DE 500 mètres.	600 mètres.	700 mètres.	800 mètres.	900 mètres.	Moyenne des cinq distances.
Obusier de 15.	0,100	»	»	»	3,72	4,62	4,17
	0,50	3,07	4,10	5,69	7,21	1414	6,89
Obusier de 16.	1,50	»	»	»	2,33	3,98	3,15
	0,75	2,45	3,47	4,28	6,14	7,75	5,82
Canon-obusier de 12. .	1,225	1,34	2,22	2,87	3,18	1,92	2,89

D'après ce tableau, l'écart latéral est bien moindre pour les obus de 12 centimètres que pour ceux de 15 et 16 centimètres.

Ainsi, les deux éléments du tir qui servent à établir la justesse relative du tir du canon-obusier et des obusiers en usage sont tous les deux très-favorables à la nouvelle bouche à feu.

La supériorité de sa justesse est donc établie d'une manière incontestable par l'expérience.

Effets des projectiles.

Les pénétrations comparatives des boulets dans les terres ont eu lieu à de très-petites distances, d'après le programme du comité d'artillerie.

Dans toutes les écoles, excepté celle de Toulouse, la

pénétration des boulets de 12, tirés à la charge du quart, a été intermédiaire entre celle des boulets de 12 et de 8 lancés avec la charge du tiers.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Commissions.	Pièces.	Charges.	Distances.	Pénétrat. moyennes.
Vincennes	Canon de 12	1k 958	30m »	1m29
	Canon de 8	1 123	30 »	1 10
	Canon-obusier	1 500	30 »	1 16
Strasbourg	Canon de 12	1 958	20 »	1 82
	Canon de 8	1 225	20 »	1 63
	Canon-obusier	1 500	20 »	1 75
Toulouse	Canon de 12	1 958	30 »	1 29
	Canon de 8	1 223	30 »	1 07
	Canon-obusier	1 500	30 »	1 06
Metz	Canon de 12	1 958	35 »	1 96
	Canon de 8	1 223	35 »	1 64
	Canon obusier	1 500	35 »	1 75

La pénétration des obus dans les terres a donné des résultats très-différents dans les diverses écoles.

Les pénétrations de l'obus de 12 centimètres paraissent inférieures à celles des obus de 15 et 16 centimètres tirés à grandes charges, et à celles de l'obus de 16 centimètres à petites charges, mais supérieures à celles de l'obus de 15 centimètres, tiré à petite charge.

Cependant, les expériences de Metz donnent la supériorité à l'obus de 12 sur celui de 15 centimètres à grande charge.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

Pénétration moyenne des obus dans les terres rassies :

COMMISSIONS.	PIÈCES.	DISTANCES.		CHARGE.		PROFONDEUR moyenne.		CHARGE.		PROFONDEUR moyenne.	
	c.	m.	c.	kil.	c.	m.	c.	kil.	c.	m.	c.
Vincennes.	Obusier de 16	80	»	1	50	1	12	0	75	1	01
	Obusier de 15	80	»	1	00	0	95	0	50	0	96
	Canon-obusier.	80	»	1	225	0	85	1	225	0	83
Strasbourg	Obusier de 16	100	»	1	50	1	55	0	75	1	22
	Obusier de 15	100	»	1	00	1	20	0	50	1	04
	Canon-obusier.	100	»	1	225	1	11	1	225	1	11
Toulouse..	Obusier de 16	50	»	1	50	1	03	On n'a pas tiré à petite charge.			
	Obusier de 15	50	»	1	00	0	91				
	Canon-obusier.	200	»	1	225	0	64				
Metz. . .	Obusier de 16	100	»	1	50	1	72	0	75	1	60
	Obusier de 15	100	»	1	00	1	43	1	50	1	13
	Canon-obusier.	100	»	1	225	1	53		225	1	47

Les résultats de ce tir ne paraissent pas concluants pour établir la comparaison entre les effets des obus de 12 centimètres et ceux des obus de 15 et 16 centimètres.

Pour l'établir, il aurait été nécessaire de connaître les enfoncements à différentes distances, surtout à celles usitées à la guerre, savoir : de 400 à 800 mètres, au lieu de ceux obtenus à une distance très-rapprochée et arbitrairement choisie.

Ces données de l'expérience auraient eu une grande importance, car l'enfoncement étant proportionnel au

diamètre du projectile et *au carré de sa vitesse*, comme cette dernière décroît rapidement pour les obus de 15 et 16 centimètres, il est probable que les pénétrations de l'obus de 12 centimètres tendraient à se rapprocher de plus en plus de celles de l'obus de 16 centimètres, à mesure que la distance du tir augmenterait.

Éclats des obus.

Il n'a pas été fait d'expérience sur les effets de l'éclatement des obus, à cause du danger qu'elles présentent. Mais, d'après ce que nous avons dit précédemment à ce sujet, la supériorité du nouveau système paraît incontestable sous ce rapport.

Le tir à balles a eu lieu aux distances de 400, 500 et 600 mètres. La boîte à balles, tirée avec le canon-obusier, était celle du canon de 12 diminuée d'une couche pour l'alléger. Les résultats, quoique satisfaisants relativement, ont été inférieurs à ceux obtenus avec le système actuel. Pour remédier à cette infériorité, l'auteur du système propose d'employer la boîte à balles du canon de 12, ce qui paraît possible sans trop fatiguer l'affût. Ce serait à l'expérience à décider si le but serait atteint.

Pour juger de l'effet des projectiles, il ne suffit pas de les comparer un à un, mais surtout sous le rapport du nombre de ceux qui atteignent le but à poids égal; car c'est là, en définitive, l'essentiel à la guerre.

Or, la comparaison de six batteries actuelles (1) avec six batteries de canon-obusier montre que :

pour une batterie de réserve de 12. . . . 481
coups toucheront le but ;
pour cinq batteries de division de 8. . . . 1,940
coups toucheront le but ;
Total pour les six batteries. . . . 2,421

pour une batterie de réserve de canons-obusiers. 728
coups toucheront le but ;
pour cinq batteries de division de canons-obusiers. 2,585
coups toucheront le but ;
Total pour les six batteries. . . . 3,313

Avec le système proposé, le nombre de coups qui atteindraient le but serait ainsi supérieur *d'un tiers*. Nous supposons l'approvisionnement également consommé aux cinq distances.

Mais s'il l'était entièrement aux grandes distances, à 900 mètres par exemple, l'avantage serait bien plus grand encore, car :

pour une batterie de réserve de 12. . . . 326
coups toucheront le but ;
pour cinq batteries de division de 8. . . . 1,235
coups toucheront le but ;
Total pour les six batteries. . . . 1,561

(1) On prend six batteries, parce que dans le système actuel il y a cinq batteries de 8 pour une de 12.

Pour une batterie de réserve de canons-obusiers. 491
coups toucheront le but ;
pour cinq batteries de division de canons-obusiers. 1,740
coups toucheront le but ;

Total pour les six batteries. . . . 2,231

ce qui donne une différence de *près de moitié* en faveur du nouveau système.

On peut donc dire que les effets du nouveau système seront supérieurs à ceux du système actuel.

Résistance des affûts.

Aucune objection n'a été faite sur le recul des canons-obusiers, ce qui est une preuve qu'il n'est pas trop considérable.

A Metz, l'obusier de 15 centimètres a détérioré considérablement son affût renforcé ; ce fait a engagé la commission à émettre l'opinion suivante au sujet de cette bouche à feu.

« *Les dégradations graves font voir que la bouche à feu et son projectile ne sont point en harmonie avec l'affût qui la porte, même en le renforçant comme celui qui a servi à nos expériences.* »

Tous les affûts de 8, même non renforcés, qui ont servi au canon-obusier, ont parfaitement résisté.

La bouche à feu nouvelle peut donc, avec avantage, être placée sur l'affût de 8 sans le fatiguer, ce qui justifie les prévisions de la théorie. En résumé,

sous le triple rapport de la justesse du tir, des effets et de la conservation des affûts, les expériences qui viennent d'avoir lieu sont favorables au nouveau système.

La supériorité du système d'artillerie de campagne proposé par M. le président de la République sur celui de 1829, appuyé sur la double base de la théorie et de l'expérience, paraît donc être incontestable.

L'auteur du système, désirant que cette supériorité soit hors de toute contestation, a fait appel aux observations des officiers d'artillerie.

Cet appel courtois a été entendu, et le corps de l'artillerie s'est empressé d'y répondre par vingt-deux objections.

Ces objections, faites en partie avant que l'expérience eût prononcé, sont discutées une à une avec soin, et se trouvent réfutées soit par les résultats obtenus, soit par les citations habilement faites par M. le capitaine Favé, des opinions émises par les officiers généraux de l'artillerie les plus expérimentés, soit enfin par les contradictions qu'elles présentent.

Comme ces objections pourraient se présenter à l'esprit des lecteurs, il peut être utile de les reproduire pour éviter des répétitions. Nous rapporterons donc leur énoncé textuellement.

« 1° La simplicité des attirails n'est pas la seule condition à remplir par un bon système d'artillerie, et l'on ne doit en aucune façon lui sacrifier ni l'étendue des

portées, ni la justesse du tir, ni la puissance de ses effets. En présence des perfectionnements apportés aux armes portatives, l'artillerie doit chercher à augmenter plutôt qu'à réduire l'effet des bouches à feu.

» 2° Les considérations techniques laissent craindre que l'affût sur lequel sera porté le canon-obusier ne soit plus fatigué qu'avec les bouches à feu actuelles.

» 3° Il a été laissé, dans les expériences qu'on vient de faire, des lacunes importantes : 1° le tir a été compris dans des limites trop rapprochées ; 2° aucune épreuve n'a été faite pour reconnaître les effets des obus de 12 centimètres.

» 4° Il y a toujours, ou il doit toujours y avoir deux artilleries de campagne : l'une qu'il faut alléger et mobiliser de plus en plus, pour la rendre capable de suivre les mouvements des troupes, même de la cavalerie ; l'autre, qui doit avoir une grande puissance pour renverser les obstacles et produire de grands effets au moment décisif.

» 5° L'artillerie doit encore avoir deux sortes de batteries, parce qu'il est nécessaire que l'arrivée seule des batteries de réserve sur le lieu du combat produise un grand effet moral.

» 6° Le canon-obusier pèse 100 kilos de plus que le canon de 8 et que l'obusier de 15 centimètres, et déjà l'artillerie de division des puissances étrangères est plus légère que la nôtre.

» 7°. Les batteries de division doivent, outre la

condition de mobilité, remplir celle d'avoir un grand nombre de munitions; et la batterie de canons-obusiers est inférieure, sous ce rapport, à la batterie de 8.

» 8° Le boulet lancé par le canon-obusier ne peut avoir ni autant de puissance ni autant de justesse que le boulet de 12 actuel aux grandes distances; il a même, à hausse égale, l'infériorité de portée, relativement au boulet de 8.

» 9° La déperdition d'une certaine quantité de poudre dans le transport affaiblira encore le boulet lancé par le canon-obusier. La considération de cette déperdition est sans doute ce qui a déterminé Gribeauval à adopter la charge du tiers préférablement à celle du quart.

» 10° Les obus sont destinés spécialement à fouiller les plis du terrain, à battre un ennemi qui n'est pas vu directement. Ils ne doivent pas généralement être lancés à grandes vitesses.

» 11° Un petit projectile creux ne pourra jamais remplacer avantageusement les obus actuels dont la puissance est due à leur calibre.

» 12° L'obus de 12 n'aura presque plus d'effet aux grandes distances.

» 13° Pour donner à l'obus de 12 plus de justesse, il faudrait augmenter son poids.

» 14° On peut abandonner l'obus de 15 centimètres, mais il faudra conserver l'obus de 16, et former des batteries de réserve composées entièrement d'obusiers de ce calibre.

» 15° Les obus sont en nombre trop considérable dans le système proposé.

» 16° Le système proposé aurait l'infériorité sur le système actuel, sous le rapport des propriétés incendiaires, puisque l'obus de 12 centimètres ne contient qu'un seul cylindre de roche à feu, tandis que les obus de 15 centimètres et de 16 centimètres en contiennent deux et trois.

» 17° Les licornes russes n'ont jamais paru bien redoutables à l'armée française.

» 18° Les batteries de réserve actuelle sont susceptibles de produire beaucoup plus d'effet que celles du système proposé, parce qu'elles ont beaucoup plus de boulets.

» 19° Il faut modifier les obusiers actuels de manière qu'ils ne puissent être tirés qu'à grandes charges, et ils seront alors en état de rivaliser, pour la justesse du tir, avec les canons-obusiers aux petites distances, et vraisemblablement de l'emporter aux grandes.

» 20° Il faut profiter de l'avantage que donne la réduction de la charge au quart du poids du boulet, pour l'appliquer au canon de 8, alléger ce canon même, comme on l'a fait pour l'autre, augmenter la proportion des batteries de 12 et conserver les obusiers actuels.

» 21° Les caissons actuels ne peuvent contenir les vingt-huit coups par coffre indiqués par le système proposé.

» 22° L'adoption du nouveau matériel entraînerait la perte d'une partie du matériel actuel, qui représente une valeur considérable. »

Nous terminerons l'examen du système d'artillerie proposé par M. le président de la République par quelques observations personnelles.

La question de l'unité de calibre pour l'artillerie de campagne paraît résolue d'après les expériences de 1850, et, dans son état actuel, le canon de 12 allégé paraît atteindre le but proposé. Mais ce n'est certainement pas le dernier terme du progrès; plus tard, il est probable que ce calibre sera réduit par l'adoption des boulets allongés tirés dans des canons rayés, ce qui permettra d'alléger encore les bouches à feu.

On descendra peut-être au calibre de 4 pour tirer des boulets allongés de 6 kilogrammes.

Mais cette époque est encore très-éloignée, et la prudente lenteur avec laquelle marche l'artillerie française dans la voie du progrès, ne permet pas de prévoir l'époque d'une pareille révolution dans l'artillerie de campagne.

Le système proposé, malgré sa supériorité, ne peut pas, suivant nous, satisfaire complétement à toutes les circonstances de la guerre de campagne.

En effet, le canon-obusier atteindra aussi bien que les canons et obusiers actuels les hommes, les chevaux, le matériel, en un mot tous les objets à découvert, et satisfera ainsi parfaitement aux exigences les plus générales du service.

Mais il se présente assez souvent, à la guerre, des circonstances particulières où le canon-obusier sera aussi peu efficace que les bouches à feu existantes; cela aura lieu toutes les fois qu'il s'agira d'atteindre des troupes et du matériel réunis dans un ravin, ou masqués par des maisons, des murailles, des retranchements, des barricades, etc.

Dans ces divers cas, les feux courbes seraient seuls efficaces. Ils seraient aussi souvent avantageux pour incendier.

Cette nécessité des feux courbes dans la guerre de campagne a été l'origine des obusiers, primitivement destinés à les produire.

Cependant, peu à peu, on a perdu de vue le but de ces bouches à feu, et on est arrivé à leur donner les propriétés des canons, à en faire, en un mot, des *canons allégés;* c'était un progrès pour les bouches à feu destinées au tir rasant, mais une décadence pour les obusiers destinés à produire des feux courbes; c'était mutiler l'artillerie de campagne.

Cet inconvénient n'a pas échappé, et l'on a cherché à l'atténuer autant que possible, en essayant d'obtenir des feux courbes avec les obusiers allongés. C'était contradictoire avec le but des bouches à feu dont l'âme est longue. Aussi on n'a pu y parvenir que très-imparfaitement, en adoptant une grande variété de charges, comme en Autriche et en Prusse, par exemple; mais les avantages ainsi obtenus sont loin de compenser les inconvénients de cette complication.

Ce n'est pas un exemple à suivre; cependant, tout imparfait qu'il est, on sera peut-être obligé de l'imiter plus tard, ou d'adopter des bouches à feu spécialement destinées aux feux courbes.

C'est ce dernier moyen que nous choisirons, parce qu'il peut être combiné avec une batterie de six canons-obusiers sans augmenter le personnel et le nombre des voitures. Voici comment :

Les expériences faites en 1850 ont prouvé que l'affût du canon-obusier résiste très-bien au tir. On peut donc diminuer le nombre des affûts de rechange des batteries, et se contenter d'un seul par batterie, puisque les obusiers, cause presque unique des ruptures d'affûts, ont disparu dans le nouveau système.

Du reste avec un seul affût de rechange par batterie, la proportion des rechanges sera celle qui avait été fixée à l'époque où on faisait de grandes et longues guerres. C'est ce dont on peut s'assurer en ouvrant l'*Aide-Mémoire* de Gassendi.

Ainsi, dans la batterie de canons-obusiers composée de 30 voitures, comme les batteries de campagne actuelles, on pourra disposer d'un affût de rechange sans inconvénient, et le remplacer par telle autre voiture qu'on jugera plus avantageuse au service, soit caisson d'obus, soit caisson de munitions d'infanterie, etc.

Nous proposerions de remplacer cet affût par un caisson ou un chariot de batterie, dont l'avant-train porterait deux petits mortiers de 12 centimètres avec

leurs affûts (en tout semblables aux mortiers de 15 actuels qu'on pourrait employer provisoirement), et l'arrière-train au moins 150 obus explosifs et incendiaires, avec autant de charges pour les mortiers.

Les charges, toutes égales, seraient contenues dans de petits sachets tronconiques en serge.

La batterie de campagne aurait ainsi huit bouches à feu, dont six canons-obusiers pour le service ordinaire auquel on destine aujourd'hui les canons et les obusiers actuels, et une section de réserve de deux petits mortiers pour les circonstances exceptionnelles. Cette section pourrait rester habituellement au parc ou derrière les caissons, sous le commandement immédiat d'un sous-officier, et serait servie par des canonniers de réserve.

La batterie de réserve, portée aussi à 3 voitures, aurait 12 petits mortiers et une augmentation d'au moins 1000 coups. Elle pourrait alors seconder puissamment soit les batteries des canons-obusiers, soit les sections de mortiers, et remplirait ainsi le double rôle qui lui est assigné par les circonstances de la guerre (1).

Le nouveau système peut donc, sans augmenter le

(1) Ce petit mortier de 12 centimètres, assez léger pour être porté avec son affût par un mulet, pourrait être employé avantageusement, dans la guerre de montagne, avec l'obusier de 12 actuel.

Cette bouche à feu satisferait au besoin des feux courbes manifesté dans plusieurs expéditions en Afrique, et compléterait le système d'artillerie de montagne.

personnel des batteries de division, acquérir une propriété qui lui manque, et la batterie de réserve, si on le juge utile, joindre à ses feux directs de nombreux feux courbes.

En résumé, le système d'artillerie de campagne proposé par M. le président de la République, est plus simple que tous ceux qui existent, et paraît aussi efficace que le système actuel; il réalise donc un progrès notable, d'après l'opinion de Napoléon, exprimée dans le passage qui sert d'épigraphe à ce travail.

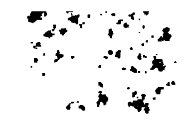
On remarquera, en outre, que le changement de système serait peu coûteux, parce que tous les caissons sont conservés ainsi que les affûts de 8, et qu'il pourrait être exécuté dans un an, sans augmenter sensiblement le budget du matériel de l'artillerie.

L'auteur des *Études sur le passé et l'avenir de l'artillerie* a donc résolu habilement un problème compliqué de considérations militaires techniques et financières.

PITU

DES EXPÉ

c. Charge des fourneaux		
Poudre.	Pyroxyle.	
kilog.	kilog.	
100	»	
»	»	
25	»	4
»	11	5
227		
227	»	(
124	»	4
»	80	5
133	»	7
228		
228	»	3
»	12.50	»
303		
182	»	6
303		
»	60	»
100	»	»
93	»	5
»	84	5
»	47	3
300	»	»
»	152 152 152	)
152	»	2
140	»	»
30	»	)
»	15	3
186	»	»
»	15	»
765	»	3
133	»	3
2 coups	»	»
193	»	2
900		
620	»	»
500		
»	145 180 180	2
18	»	»
178	»	»
193	»	»



JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

DES ARTIFICES ÉCLAIRANTS

EN USAGE A LA GUERRE

ET DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE,

PAR MARTIN DE BRETTES,

CAPITAINE-COMMANDANT AU 3e RÉGIMENT D'ARTILLERIE.

CHAPITRE PREMIER.

De l'usage des artifices éclairants dans la guerre de campagne et de siége.

L'histoire militaire fait souvent mention de signaux lumineux, employés tant dans les guerres de campagne que dans celles de siége. On conçoit sans peine combien ces moyens de communication, quelque grossiers qu'ils aient pu être, ont dû rendre de services.

Ainsi les signaux servaient à transmettre des nouvelles importantes à de très-grandes distances, comme

une victoire, une défaite, la prise d'une ville, la levée d'un siége. Ils servaient aussi à appeler aux armes et à rallier les défenseurs épars de l'indépendance nationale; à communquer aux troupes disséminées dans leurs cantonnements, certains ordres précis, par exemple : de prendre les armes, de se réunir sur un point déterminé d'avance, de se préparer à une attaque, de se mettre en marche, etc.

Les signaux lumineux paraissent presque aussi anciens que le monde; les Sauvages, qui en font usage aujourd'hui, semblent prouver combien est naturel l'emploi d'un pareil moyen de communication.

L'histoire vient à l'appui de cette opinion, car Pausanias (1) raconte qu'après l'égorgement des maris des cinquante Danaïdes, Hypermnestre et Lyncée s'empressèrent de se donner avis de leur retraite au moyen de signaux de feu.

La nouvelle de la prise de Troie parvint en une seule nuit des côtes d'Asie aux plaines d'Argos, et aux murs de Mycènes, où Agamemnon avait laissé, pendant la guerre, sa femme Clytemnestre et ses trois filles (2). Le moyen mis en usage consistait en une série de feux allumés, qu'on avait préparés d'avance pour annoncer à la Grèce cet événement mémorable.

Dans la guerre de l'Inde, Alexandre le Grand fit aussi plusieurs fois usage de signaux lumineux, et avec succès; par exemple, au siége d'Aorne, ville située

(1) Liv. II.

(2) Eschyle, tragédie d'Agamemnon.

sur un rocher escarpé sur les bords de l'Indus (1).

Cette ville, pleine de confiance dans la position qui la faisait passer pour inexpugnable, rejeta avec hauteur l'invitation de se soumettre qu'Alexandre lui avait adressée. Ce monarque, irrité et ne voulant pas laisser derrière lui une place hostile, qui aurait pu compromettre sa marche victorieuse, résolut de vaincre les difficultés d'un pareil siége. Un heureux hasard servit à souhait les projets d'Alexandre.

Il apprit par des transfuges qu'il existait un sentier étroit et favorable à l'attaque. Aussitôt il charge Ptolémée de s'en emparer la nuit, par surprise ou de vive force, et lui donna pour ce coup de main des troupes choisies. Ptolémée s'empare du passage par surprise, à l'insu des assiégés, s'y fortifie et allume un signal lumineux pour annoncer son succès. Alexandre, qui attendait impatiemment ce signal, dispose immédiatement ses troupes pour l'attaque, et attire ainsi vers lui l'attention des assiégés, pendant que Ptolémée s'empare de la ville.

Aristote parle, dans ses écrits, *d'observateurs de signaux* institués de son temps pour transmettre les correspondances.

Les Carthaginois faisaient usage de signaux pendant les guerres de Sicile.

Pendant les guerres des Gaules, du temps de César, lorsque les Gaulois voulurent se soulever, des feux, allumés de montagne en montagne, portèrent la

(1) *Histoire des expéditions d'Alexandre*, par Arrien.

nouvelle de la levée de boucliers commencée à Orléans par les habitants du pays de Chartres, jusqu'à Clermont en Auvergne, où Vercingétorix, cet ardent champion de l'affranchissement des Gaules, commençait ses luttes mémorables contre le vainqueur de sa patrie. César parle encore d'un avis donné à Orléans et transmis en douze heures de Gergovia des Avernes à la position qu'il occupait : distance de plus de soixante lieues.

Dans les guerres d'Italie, de religion, d'Espagne, même dans celle de l'indépendance espagnole, au commencement du siècle, les feux allumés sur les hauteurs ont été souvent employés comme signaux.

Récemment encore, dans les expéditions de l'armée française contre la Kabylie, on a vu souvent des feux allumés de montagne en montagne, appeler aux armes les tribus guerrières, annoncer la présence des Français, et les autres événements importants à la guerre, partout où ces nouvelles pouvaient attirer des combattants.

Ces moyens grossiers, quoiqu'encore employés quelquefois, ont depuis longtemps fait place en Europe à d'autres plus perfectionnés.

Ces nouveaux signaux consistent dans l'emploi des fusées volantes qui s'élèvent très-haut et sont vues de très-loin : car on peut les apercevoir au delà de quinze lieues. Cette propriété, jointe à la facilité de combiner ensemble le jet de plusieurs fusées à feux blancs ou colorés, rend ces signaux très-utiles.

Ces fusées, dont la connaissance remonte au moins au IXe siècle de notre ère, employées d'abord aux réjouissances, paraissent ne l'avoir été comme signaux que fort tard. La première fois qu'il en est question pour cet objet, c'est à la bataille de Montlhéry, en 1465, où l'on lança des fusées pour donner l'alarme au duc de Berry, alors à Corbeil.

Les artifices éclairants employés comme signaux ne rendent pas moins de services dans la guerre des siéges que dans celle de campagne. Leur usage consiste, en général, à mettre en communication une place assiégée avec les villes voisines ou avec une armée qui vient à son secours; à combiner entre les assiégés et l'armée de secours des attaques simultanées contre l'assiégeant, etc. Leur emploi remonte à la plus haute antiquité.

Ainsi Annibal, dans la seconde guerre punique, se servit de signaux de feu pour annoncer aux habitants de Capoue, assiégée par les Romains, son arrivée, impatiemment attendue.

Pendant la guerre des Gaules, durant le célèbre siége d'Alezia, en Bourgogne, aujourd'hui Alize, où César inventa les lignes de circonvallation et contrevallation, l'armée gauloise annonça son arrivée aux habitants par des feux, et combina avec eux une attaque simultanée contre l'armée romaine, pour délivrer la ville. Mais tous ces efforts furent vains, et César entra en vainqueur dans Alize.

Depuis cette époque, les signaux lumineux ont

continué d'être en usage dans la guerre des siéges, et se sont perfectionnés. Les plus parfaits, dont on se sert encore aujourd'hui, consistent dans l'emploi des fusées volantes, comme dans la guerre de campagne.

Les artifices lumineux n'ont pas été seulement employés comme signaux, leur usage est plus étendu, car ils ont souvent été utilisés dans la guerre de campagne et de siége comme artifices éclairants. Ainsi dans la guerre de campagne, ils sont fort utiles pour éclairer un passage dangereux, un défilé, les abords d'un camp, d'une position fortifiée, enfin le terrain sur lequel on veut recevoir les attaques de l'ennemi.

Pour ne citer qu'un exemple, nous le choisirons dans les expéditions de l'armée française au milieu des montagnes de la Kabylie.

En 1847, lorsque l'armée française eut pénétré pour la première fois dans ce mystérieux pays, dont les montagnes sont habitées par une race belliqueuse et fière de son antique indépendance, le maréchal Bugeaud se servit habilement des artifices éclairants dans les circonstances suivantes. L'armée française venait de camper sur les rives de la Summam, en face des montagnes des Beni-Abbas, lorsqu'à la nuit des feux s'allumèrent de pitons en pitons, descendirent graduellement en se rapprochant du camp français, avec un accompagnement de cris sauvages et d'une fusillade bien nourrie, mais heureusement rendue peu dangereuse par l'obscurité. Le maréchal fait aussitôt

éteindre tous les feux du camp et ordonne de répondre par le plus profond silence aux cris et au feu des Kabyles. Mais quand ces derniers sont à une bonne portée de fusil, des artifices, allumés subitement et comme par enchantement, éclairent les abords du camp et servent à diriger les feux de l'artillerie et de l'infanterie sur les Kabyles, déconcertés par une si vigoureuse défense. La mitraille et les balles produisirent sur eux un tel effet qu'ils se hâtèrent de disparaître par toutes les gorges et les sentiers qui purent leur donner passage.

Les artifices employés pour éclairer remplissent encore, dans les guerres de siége, un rôle plus important que dans celles de campagne. On conçoit en effet leur utilité pour prévenir l'approche de l'assiégeant; éviter les escalades par surprise; éclairer le terrain des attaques; empêcher, ou du moins retarder la marche des travaux de l'assiégeant, en éclairant les points sur lesquels l'artillerie de la place doit principalement diriger des coups.

L'importance des artifices éclairants dans la défense des places fortes a été sentie de tout temps. Ainsi, avant l'invention et l'usage de la poudre, en 1290, pendant le siége de Damiette par saint Louis, on lança de nombreuses flèches ardentes pour reconnaître les mouvements de l'armée française. Plus tard, les flèches ardentes, sans cesser cependant d'être employées, furent remplacées par des balles à éclairer, nommées aussi balles ardentes, balles à feu. Elles

étaient lancées par des mortiers ou des bombardes, depuis l'invention de la poudre.

Les premières balles dont on ait fait usage depuis l'invention de la poudre paraissent avoir été lancées avec des bombardes au siége de Vérone, par les Vénitiens, en 1515. Ces artifices étant exposés à être éteints, on essaya de remédier à cet inconvénient par plusieurs dispositions plus ou moins ingénieuses. Ainsi, en 1602, au siége d'Ostende, on lança des balles à éclairer, armées, dans ce but, de bouts de mousquets chargés à balle. Il paraît que les résultats furent satisfaisants, mais pas assez cependant pour étendre l'usage de cet artifice, dispendieux et difficile à préparer. Au siége de Namur, en 1704, on éclaira les glacis au moyen de charriots chargés de matières incendiaires, conduits en des points déterminés et qu'on allumait ensuite. Enfin, dans les siéges faits pendant les guerres de la République et de l'Empire, l'emploi des balles à feu a été fréquent, mais souvent peu efficace, surtout en Espagne. Il paraît, en effet, que dans les siéges faits dans la péninsule hispanique les balles à feu ont souvent été inutiles, soit qu'elles ne s'allumassent pas, soit qu'elles s'éteignissent avant d'avoir rempli leur objet.

L'importance des artifices éclairants dans la guerre de siége n'a cependant pas diminué, et elle deviendra de plus en plus grande à mesure que l'on trouvera des moyens d'éclairage plus parfaits et plus certains.

Il est facile de s'en rendre compte en examinant

la marche générale d'un siége. On sait que l'assiégeant s'avance avec lenteur vers la ville au moyen de travaux pénibles, et que les difficultés augmentent d'autant plus que les têtes de sape approchent davantage de la place assiégée. C'est qu'à partir de la troisième parallèle, l'assiégeant, obligé pour cheminer d'employer la sape pleine, s'arrête généralement le jour, ou n'avance pas sensiblement tant il est tourmenté par l'artillerie. Mais, pendant la nuit, l'incertitude du tir permet de marcher plus vite et même de faire à la sape volante quelques parties des cheminements, et il rattrape ainsi le temps perdu. De sorte que si on avait un moyen sûr d'éclairer suffisamment, pendant la nuit, les travaux de l'ennemi pour assurer la justesse du tir de l'artillerie, les têtes de sape étant alors arrêtées la nuit comme le jour, le siége n'avancerait plus et pourrait pour ainsi dire durer indéfiniment. C'est une opinion généralement admise, et même professée dans les cours officiels d'attaque et de défense des places : « Si l'artillerie est bien dirigée, les têtes de sape ne doivent faire que très-peu de progrès pendant le jour, ou éclairer de manière que le tir puisse avoir quelque certitude. ***La marche de l'ennemi peut ainsi être indéfiniment arrêtée à partir de la troisième parallèle*** (1). »

(1) *Aide-Mémoire d'artillerie*, p. 399.

CHAPITRE II.

Utilité des artifices éclairants dans la guerre de campagne et celle de siége.

On s'est généralement peu préoccupé de laisser des observations sur l'utilité des signaux dans la guerre de campagne et de siége. Mais les approvisionnements de fusées de signaux qui entrent dans les équipages de campagne et dans la composition des états de munitions de guerre nécessaires aux places, paraissent suffire pour mettre leur utilité hors de contestation.

Ces faits matériels sont des arguments plus puissants que les opinions plus ou moins fondées.

On s'est beaucoup plus occupé des artifices employés pour éclairer. Ainsi Vauban attachait une grande importance à l'emploi des artifices éclairants dans certaines opérations militaires de la guerre de campagne. Nous n'entendons pas parler seulement de l'éclairage d'un pont, d'un défilé et autres circonstances particulières où l'utilité des artifices éclairants est incontestable, mais de celles dans les-

quelles elle est moins saisissable, par exemple, pour la défense des lignes en grande réputation vers la fin du XVIIe siècle.

A l'époque où Vauban écrivait son admirable *Traité de l'attaque des places*, l'illustre ingénieur regardait comme très-difficile, sinon impossible, de forcer les lignes en plein jour lorsqu'on prenait des dispositions convenables pour les défendre. Cette opinion était basée sur l'expérience, car, dans le *Traité de l'attaque des places*, publié en 1704, il dit qu'il ne connaissait qu'un seul exemple de lignes forcées pendant le jour, celui des lignes de Cazal emportées par le duc d'Harcourt, après avoir été repoussé trois ou quatre fois.

Si, pendant le jour, forcer les lignes passait pour une opération périlleuse et très-difficile, il en était tout autrement la nuit; des exemples nombreux l'attestaient, car c'est pendant la nuit que furent forcées, en 1646, les lignes de Lerida en Catalogne, en 1654, celles d'Arras, en 1656, celles de Valenciennes, etc. « C'est ainsi, dit Vauban, que toutes les lignes qu'on attaquera de la sorte seront forcées, ou en grand danger de l'être, si on ne prend des mesures plus justes que celles qu'on prend ordinairement; ce qu'on doit faire, à mon avis, c'est de découvrir les desseins de l'ennemi, sur le lieu et le temps qu'il doit attaquer (1). »

(1) *Traité de l'attaque des places.*

Vauban attribue ainsi les échecs éprouvés pendant les attaques nocturnes, par les armées enfermées dans leurs lignes, à la seule impéritie des généraux chargés de les défendre. Cette opinion, émise par un des hommes les plus passionnés pour le bien public, et qui ne faisait pas de vaines critiques, doit être prise en grande considération pour se former un jugement sur la valeur des lignes pendant la nuit.

L'attaque de ces ouvrages, admise comme téméraire et presque sans probabilité de succès pendant le jour, et le contraire ayant lieu pendant la nuit, si on avait un moyen sûr d'éclairer les abords des lignes d'une manière suffisante pour assurer la justesse du tir des défenseurs, elles conserveraient alors la nuit les mêmes propriétés défensives que le jour. C'est ce que Vauban avait parfaitement compris; malheureusement, l'état des artifices éclairants, à cette époque, ne permettait pas de réaliser ses idées et de démontrer leur justesse par l'expérience.

Vauban proposait, pour remédier à l'infériorité défensive des lignes pendant la nuit, d'employer simultanément : 1° des espions intelligents, chargés de connaître les projets de l'ennemi, afin qu'on pût les déjouer et éviter les surprises nocturnes; 2° de petits partis pour battre la campagne; 3° enfin, l'éclairage du terrain situé en avant des lignes.

C'est à ce dernier moyen qu'il attachait le plus d'importance. A défaut d'artifices éclairants d'une grande puissance, il proposait d'employer une série

de bûchers établis d'avance en avant des lignes et toujours prêts à être allumés au premier signal. « Ne pas oublier, dit-il, de faire garder les bûchers par deux ou trois soldats chacun, qui auront ordre d'en allumer les feux au signal qui se fera par un certain nombre de coups de canon, dont on sera convenu; cela fait, et quand on sera assuré du côté par où l'ennemi s'approche, donner le signal quand il sera aux deux tiers de la portée du canon, et aussitôt allumer les bûchers et faire rentrer les boute-feux dans les lignes par des endroits qui leur auront été marqués; *ces feux allumés suppléeront au défaut de lumière qui pourrait manquer, et feront un jour artificiel d'autant plus dangereux pour l'ennemi, qu'on tire beaucoup mieux et plus droit à la lueur du feu pendant la nuit que pendant le jour. Si toutes ces observations sont faites avec soin, je me persuade qu'on parviendra à corriger le malheur des lignes attaquées de nuit, par la raison que, ne provenant que de l'incertitude où l'ennemi vous tient, elle sera levée aussitôt qu'on sera averti de son dessein* (1). »

A l'exemple de Vauban, plusieurs écrivains militaires se sont occupés de la défense des lignes, et tous arrivent à admettre les propositions de l'illustre ingénieur.

Santa-Cruz, qui, en 1738, dans ses *Maximes* (2),

(1) *Traité de l'attaque des places.*
(2) *Mémoires politiques et militaires*, 1738.

résumait les opinions des hommes de guerre anciens et modernes, regardait l'éclairage du terrain situé en avant des lignes comme le moyen le plus efficace de les défendre contre les attaques nocturnes.

Dupuget, en 1771, écrivait à ce sujet (1) : « J'avoue que pendant la nuit les coups sont incertains, mais on peut y remédier par un moyen bien simple : ce serait de placer à distance égale des batteries, à peu près au point où leurs feux se croisent, un amas considérable de bois sec mêlé de matières propres à presser et à augmenter l'inflammation, le tout couvert d'un toit de paille contre la pluie. Ces dépôts seraient confiés, sous bonne garde, à des hommes sûrs qui y mettraient le feu dès que les postes avancés les avertiraient de l'approche de l'ennemi ; à la lueur de ces incendies, on verrait à faire de bonne besogne. »

Enfin, de Cessac, en 1816, dans un ouvrage très-estimé (2), qui devrait servir d'aide-mémoire à tout officier, établit, d'après l'opinion des hommes de guerre, que l'éclairage est indispensable pour défendre les lignes contre les attaques nocturnes.

Ces citations, nous l'espérons, pourront faire apprécier l'utilité des artifices éclairants dans la guerre de campagne, pour éviter des surprises et défendre avantageusement une position dans les attaques nocturnes.

(1) *Essai sur l'usage de l'artillerie*, 1771.
(2) *Guide de l'officier particulier en campagne*, 1816.

Cependant Vauban, tout en cherchant à augmenter les propriétés défensives des lignes pendant la nuit, ne se dissimulait pas le peu de valeur de ces retranchements; car, après avoir balancé leurs avantages et leurs défauts, il est arrivé à conclure que les meilleurs ne valaient rien. L'exemple mémorable des lignes de Turin forcées en 1706 par le prince Eugène, en plein jour, vint appuyer cette opinion. Depuis cette époque, les lignes ont perdu de jour en jour de leur importance: « Je ne suis, disait le maréchal de Saxe, ni pour les retranchements, ni pour les lignes; je crois toujours entendre parler des murailles de la Chine quand on me parle des lignes; les bonnes sont celles que la nature a faites, et les bons retranchements sont les bonnes dispositions et les troupes bien disciplinées. Je n'ai presque jamais ouï dire qu'il y ait eu des lignes ou des retranchements attaqués qui n'aient pas été forcés (1). »

Depuis lors, on a perdu généralement l'habitude d'enterrer des armées dans des retranchements.

Dans les siéges, l'éclairage joue encore un rôle plus important que dans la guerre de campagne. Aussi les écrivains militaires sont-ils unanimes pour en recommander l'emploi comme moyen de favoriser la défense des places. L'expérience, d'ailleurs, est d'accord avec eux, car l'usage des artifices éclairants, comme on l'a vu précédemment, remonte bien au delà de l'époque de la découverte de la poudre et de celle où l'artil-

(1) *Rêveries*, ch. VII, 1755.

lerie est venue changer l'antique système de guerre.

Dans les siéges antérieurs à l'emploi de l'artillerie, alors que les armes de jet avaient peu de portée et de justesse, l'usage des artifices éclairants était assez restreint. Il se réduisait généralement à éclairer le pied ou le sommet des murailles pour empêcher les surprises nocturnes. Des bûchers de bois sec, mélangé avec des matières inflammables, allumées la nuit, suffisaient pour cet objet.

Mais, plus tard, au lieu d'attendre que l'ennemi fût arrivé au pied des murailles, pour combattre ses entreprises, on essaya de le tenir le plus longtemps possible éloigné des remparts, soit en le combattant directement, soit en ralentissant les travaux du siége. On chercha donc à prévenir ses approches pendant la nuit en éclairant le terrain assez loin des murailles pour découvrir ses projets et avoir le temps de prendre des dispositions convenables pour le combat, ou la démolition des travaux de l'assiégeant.

Cet éclairage s'obtenait d'abord avec des flèches ardentes, et des balles lancées avec des machines balistiques. Mais le but qu'on se proposait d'atteindre l'était très-imparfaitement, parce que la chimie, science nécessaire pour déterminer les ingrédients d'une bonne composition éclairante, était dans l'enfance et que la balistique, sans laquelle on ne pouvait jeter les artifices éclairants à des distances déterminées, n'existait pas encore.

Mais, lorsqu'au commencement du XIVe siècle on

eut commencé à lancer des balles à feu avec des bombardes ou des mortiers, on obtint plus de justesse et de régularité dans les portées, quoique, sous ces deux rapports, le tir laissât beaucoup à désirer. Les résultats obtenus rendirent plus fréquent l'emploi des artifices éclairants dans la défense des places et on s'occupa dès lors d'améliorer à la fois leur composition et leur tir autant que le progrès des sciences chimiques et balistiques le permettaient.

Cependant, encore aujourd'hui, malgré les progrès réalisés, on peut dire sans hésiter que les artifices éclairants sont loin de rendre les services qu'on pourrait en attendre dans la guerre de siége.

Ces imperfections n'ont pas cependant empêché les ingénieurs militaires et les officiers, qui se sont occupés de l'attaque et de la défense des places, de recommander l'usage des artifices éclairants et même de prescrire des règles pour en faire l'emploi le plus avantageux.

On doit regretter que Vauban n'ait pas été placé, par les circonstances de la guerre, dans une position où il en aurait pu faire usage. Peut-être que l'emploi judicieux imaginé par son génie aurait hâté les progrès de cette branche importante de la pyrotechnie militaire.

L'éclairage, dans les siéges modernes, vrais drames en plusieurs actes parfaitement tranchés, concourant à l'unité d'action, joue ou du moins pourrait jouer un rôle très-important pendant les diverses

périodes depuis l'investissement jusqu'à la défense des brèches.

Ainsi, dès l'investissement, Vauban prescrit de disposer, sur toute l'enceinte de la place, des réchauds remplis de tourteaux goudronnés et de les allumer chaque nuit pour éclairer la fortification et empêcher les entreprises par escalade. Il demande, en outre, qu'on place sur les glacis, surtout vers leur queue, des fascines goudronnées, principalemeut vers les parties où la tranchée aurait des chances d'être ouverte. Ces fascines, allumées la nuit, auraient pour objet d'empêcher l'ennemi d'arriver par surprise jusque sur les glacis, de s'y établir, et d'ouvrir la tranchée si près de la place.

Cormontaingne, les ingénieurs militaires contemporains et ceux qui l'ont suivi, les cours officiels d'attaque et de défense des places, l'*Aide-mémoire d'artillerie*, reproduisent tous les prescriptions de Vauban à cet égard.

L'ouverture de la tranchée est, autant que possible, dérobée à la connaissance de l'assiégé, et a lieu généralement sept à dix jours après l'arrivée de l'armée de siége devant la place. C'est une opération très-importante, que l'assiégé doit s'efforcer d'empêcher par tous les moyens possibles. Vauban, et d'autres généraux expérimentés, pensent qu'un gouverneur actif et intelligent ne doit pas se laisser surprendre.

« Si, du côté de la place, le gouverneur fait bien des siennes pour découvrir le dessein de l'ennemi (celui

d'ouvrir la tranchée), il est presqu'impossible qu'il n'en vienne à bout, auquel cas il faut non-seulement tourner le plus de canons qu'on pourra de ce côté-là (l'ouverture de la tranchée), mais renforcer encore la garde du chemin couvert. »

...... « Il faudra faire tirer en même temps des mortiers du chemin couvert cinq ou six balles ardentes à toute volée pour éclairer et mieux découvrir les ennemis, ce qui servira de signal aux batteries tournées de ce côté-là pour y tirer en élevant leurs coups par certaines règles, marquées sur les coins de mire qu'il sera bon d'avoir essayés quelques jours auparavant, afin d'en connaître la portée (Vauban) (1).

Cormontaingne reproduit les recommandations de Vauban. Dupuget entre dans de plus grands développements.

« Communément, dit-il, l'assiégeant dérobe à l'assiégé la première nuit de tranchée. Est-il donc si difficile de l'éclairer d'assez près pour lui ôter cet avantage? Non, j'en vois plus d'un moyen. Celui qui dépend de l'artillerie est de jeter avec les mortiers de 12 pouces (32 cent.) force pots à feu sur tous les fronts susceptibles d'attaque, mais particulièrement du côté où l'ennemi a établi son dépôt. Ces pots à feu peuvent être portés au delà de 200 toises (400 m.) et plusieurs ensemble ne laissent pas de répandre une lumière capable, sinon de faire

(1) *Traité de la défense des places*, p. 177.

découvrir leurs manœuvres particulières, au moins qu'ils sont assemblés et qu'ils travaillent. On m'objectera peut-être que la clarté de ces pots à feu montre aussi la place aux assiégeants et empêche les ingénieurs de se fourvoyer, par conséquent qu'elle nuit autant qu'elle sert. Une lune brillante ne les éclaire-t-elle pas aussi? Cependant, ils la craignent, voilà ma réponse. »

« Lorsqu'on sera assuré du moment et du lieu où les ennemis ouvrent la tranchée, il faudra faire un feu bien nourri de toutes les pièces qui seront en batterie sur les différents ouvrages, les plus grosses contre les avenues du camp et le dépôt (1). »

Malheureusement, les pots à feu dont parle Dupuget avaient un faible pouvoir éclairant, ne s'allumaient pas toujours, s'éteignaient souvent et leurs effets étaient incertains. De sorte que ces artifices étaient insuffisants pour réaliser les idées si justes que nous avons citées.

Elles sont encore admises aujourd'hui comme règles dans les livres publiés sous le patronage de l'artillerie, car on lit dans l'*Aide-mémoire* (2) que lors de l'ouverture de la tranchée il faut faire sortir quelques pièces légères en avant des glacis, éclairer les travailleurs avec des balles à feu, tirer à balles pendant deux ou trois heures; après ce temps, comme

(1) *Essai sur l'usage de l'artillerie*, 1771, p. 234.
(2) *Aide-Mémoire des officiers d'artillerie*, 1844.

ce tir serait impuissant contre des épaulements déjà formés, on doit tirer des obus ou des boulets, soit sur les capitales, soit d'écharpe contre les travailleurs de la parallèle. »

A mesure que l'ennemi s'avance pour établir la seconde parallèle, on doit faire contre lui un feu de plus en plus vif, et le soutenir jusqu'à ce que les batteries de l'attaque commencent à tirer. C'est surtout pendant l'établissement de ces batteries que ce feu doit acquérir la plus grande puissance, afin d'en ralentir, sinon d'en empêcher la construction. Car, lorsqu'elles seront armées et en activité, l'artillerie de la place sera obligée de se taire.

On doit donc, à cette époque, ne rien négliger pour augmenter les effets destructeurs de l'artillerie, bombes, obus, doivent pleuvoir sur les épaulements encore imparfaits des batteries. Il importe de s'attacher à deux ou trois des plus importantes pour en ralentir la construction le plus possible, si l'artillerie n'est pas assez nombreuse pour tirer sur toutes avec avantage. Ce retard suffira pour empêcher le feu des autres plus avancées, si on se conforme au principe généralement admis d'ouvrir le feu de toutes à la fois.

Mais, pour obtenir ces résultats, il est nécessaire de donner au tir une grande justesse, tant la nuit que le jour. Pendant le jour, il n'y a pas de difficulté, mais pendant la nuit il en est tout autrement, à moins qu'on ne produise, soit avec des balles à feu, soit par tout autre moyen, un jour artificiel suffisant pour laisser voir

distinctement le terrain sur lequel l'ennemi exécute ses travaux.

Après que le feu des batteries de l'assiégeant a commencé, la place désarme en partie les fronts d'attaque. Alors il est important de ne pas tirer inutilement et de produire le plus d'effet possible avec les pièces conservées en batterie. Éclairer les travaux d'attaque est indispensable pour atteindre ce résultat.

Arrivés à la troisième parallèle, les travaux de l'assiégeant avancent lentement, car il commence alors à employer la sape pleine (1). Ils sont même souvent arrêtés pendant le jour quand l'artillerie de la place fait un feu bien nourri. Mais la nuit, si le tir est incertain, l'assiégeant en profite pour faire à la sape volante quelques parties de la parallèle.

A partir de cette parallèle jusqu'au couronnement du chemin couvert, les cheminements se font à la sape pleine. Ils avancent donc très-peu, d'autant plus que chaque changement de direction exige plusieurs heures, même dans les écoles de sape, et que ces changements se multiplient à mesure qu'on avance.

Pendant le jour les têtes de sape sont souvent forcées de s'arrêter complétement si le feu est trop vif, de sorte

(1) Dans les écoles, les sapeurs font 60 à 100 mètres de cheminement en ligne droite, en 24 heures.

Chaque changement de direction ou débouché d'une parallèle exige plusieurs heures.

que la durée du siége augmente en raison de ce retard. Aussi le général Rognat recommande-t-il de diriger presqu'exclusivement les feux sur les têtes de sape, et l'*Aide-mémoire* des officiers d'artillerie admet que l'on peut, en agissant ainsi, arrêter indéfiniment la marche de l'ennemi, à partir de la troisième parallèle.

Pendant le jour, il sera possible d'arriver à ce résultat, mais pendant la nuit, le tir deviendra incertain, à moins d'un éclairage convenable pour assurer le pointage. Dans ce dernier cas, si l'ennemi veut faire à la sape volante quelques parties de cheminement, un feu bien dirigé forcera les sapeurs de ne négliger aucune précaution pour se couvrir. Les sapes volantes deviendront ainsi très-périlleuses, seront rarement tentées, se feront lentement, de sorte que l'assiégeant n'avancera pas beaucoup plus la nuit que le jour.

Arrêter ainsi la marche des sapes, aussi bien la nuit que le jour, c'est allonger indéfiniment la durée du siége, c'est augmenter la puissance défensive des places fortes, mais un tel résultat dépend des moyens d'éclairage plus ou moins parfaits que l'assiégé aura en son pouvoir.

Quand le couronnement du chemin couvert est terminé, on éclaire les fossés pour épier les débouchés des descentes de fossé pratiquées par l'assiégeant, et diriger sur ces points tous les feux dont on peut disposer, aussitôt que l'ennemi paraît. En ce moment

critique, l'éclairage contribue encore à la défense, et il termine son rôle en éclairant les brèches sur lesquelles se livrent les derniers combats qui décident du sort des places fortes.

D'après l'opinion de Vauban, et l'exposé du rôle que remplit l'éclairage depuis le commencement du siége jusqu'à l'assaut, on voit qu'il est un auxiliaire puissant et même indispensable pour une bonne défense des places.

Nous terminerons ce que nous avons à dire de l'utilité des artifices éclairants, en donnant une preuve matérielle de l'importance que Vauban y attachait: cette preuve se trouve dans le tableau suivant, où il a fixé lui-même l'approvisionnement des places en artifices éclairants confectionnés et en matières premières:

Tableau des artifices éclairants pour les places d'après le nombre de leurs fronts.

NOMBRE DE FRONTS.	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Tourteaux goudronnés à 600 par nuit pendant 40 nuits de tranchée. . .	16000	20000	24000	28000	32000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000
Fascines goudronnées de 2 pieds 1/2 sur 6 pouces de diamètre, 150 par nuit pendant 40 nuits	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Balles ardentes de 12 à 13 pouces. .	200	250	300	350	400	450	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Balles ardentes de 33 (6 pouces). . .	600	800	1000	1200	1600	1800	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Balles à feu grosses comme une grenade pour jeter à la main.	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Lances à éclairer	200	250	300	350	400	450	500	550	600	600	600	600	600	600	600
Cordes à feu pour éclairer	200	250	300	350	400	450	500	550	600	600	600	600	600	600	600
Roche à feu pour allum les artif. (livr.)	15	20	25	30	35	40	45	50	50	50	50	50	50	50	50
Cire neuve (quintaux)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	12	12	12	12	12
Poix résine (id.).	6	8	10	12	14	16	18	20	20	20	20	20	20	20	20
Poix noire (id.)	6	8	10	12	14	19	18	20	20	20	20	20	20	20	20
Goudron (tonnes).	20	25	30	35	40	45	50	55	60	60	60	60	60	60	60
Suif (quintaux).	6	8	10	12	14	15	16	18	20	20	20	20	20	20	20
Huile de lin ou de pétrole (barriques).	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	12	12	12	12	12
Flambeaux de cire.	100	150	200	250	300	350	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Salpêtre (livres).	2500	3000	3500	4000	5000	5500	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Soufre (id.)	600	700	800	900	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Charbon de bois blanc (quintaux). . .	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	30	30

Vauban n'ignorait pas que cette quantité d'artifices paraîtrait trop considérable ; aussi a-t-il été au-devant de cette objection. « On pourra trouver, dit-il, que j'ai trop donné aux feux d'artifices ; *il est vrai qu'on n'en fait pas grande consommation présentement, mais ce ne doit pas être une raison pour les improuver, puisque ce défaut ne provient que de ce qu'on défend mal les places et leurs dehors*. Au pis aller, c'est un article à modérer selon les places où on en aura à faire, à raison que dans celles où il y aura beaucoup de revêtement, il en faudra plus que dans celles où les dehors ne sont pas revêtus. »

CHAPITRE III.

Des artifices en usage dans les guerres de campagne et de siége.

Les artifices éclairants, employés comme signaux, peuvent être rangés dans une des trois classes suivantes : celle des feux fixes, celle des feux mobiles, et celle des feux aériens.

Dans la première se rangent les bûchers allumés sur les hauteurs, les amas de matières inflammables, telles que la poix, le goudron, les résines ; soit simplement mélangées entre elles, soit avec des bois secs et légers. Tel serait, par exemple, un baril de goudron garni de copeaux.

Un mélange composé de 12 salpêtre, 5 soufre et 1 charbon, placé dans un réchaud ou un baril, donnerait une lumière beaucoup plus vive que celles produites par les moyens mis généralement en usage.

Les feux mobiles sont peu usités comme signaux aujourd'hui. Mais il paraît que dans l'antiquité on en faisait grand usage. Ainsi Polybe raconte que les Grecs

avaient coutume d'agiter des torches sur les hauteurs ou sur le haut des tours pour annoncer l'apparition de l'ennemi et demander des secours aux villes voisines.

Quelques-unes des pièces employées dans les feux d'artifices de réjouissance pourraient peut-être être utilisées comme signaux. Mais elles auraient l'inconvénient, commun à cette classe d'artifices, de produire un signal visible seulement à une petite distance, à cause de son peu d'élévation.

Les feux d'air, aériens ou volants sont ceux qui possèdent la propriété de pouvoir s'élever très-haut dans les airs. Ils peuvent ainsi être aperçus à de très-grandes distances, ce qui leur donne une grande supériorité sur les autres genres de signaux lumineux.

Les feux d'air employés comme signaux sont les fusées volantes simples, avec pots de garniture et à parachute.

L'origine des fusées est bien antérieure à l'invention de la poudre; car Marcus Græcus, qui publiait en 846 son *Traité sur les Artifices* (*Liber Ignium ad comburendum hostes*), en parlait comme d'une chose très en usage de son temps. Il donne la description, la composition et l'emploi de ces artifices.

Les fusées de son temps étaient comme aujourd'hui composées d'un cartouche ou cylindre fermé par une extrémité, ouvert à l'autre, mais étranglé et rempli d'une matière fusante, évidée autour de l'axe.

Le cartouche portait sur le côté une baguette pour diriger le mouvement de la fusée.

La composition donnée par Marcus Græcus est très-simple. Elle consiste dans le mélange intime des matières suivantes :

6, Salpêtre.
2, Charbon.
2, Soufre.

Les dimensions, les formes et la composition des fusées, malgré les variations qu'elles ont subies, ont toujours oscillé entre des limites assez resserrées autour de celles données par Marcus.

Ainsi aujourd'hui en France la composition fusante est la suivante :

2,11	Salpêtre,	ou	6	6.
0,43	Soufre,		1	1.
1,10	Pulvérin,			
0,99	Charbon de bois dur,		2.	

En Angleterre, d'après le *Manuel de l'artillerie anglaise*, la composition est :

6, Salpêtre.
1 1/2, Soufre.
2, Charbon.

Les fusées armées de leurs baguettes de direction, qui sont encore partout fixées sur le côté des cartouches, n'offrent aucune difficulté pour être employées. Il suffit seulement de les soutenir verticalement la ba-

guette en bas et de mettre le feu à la composition fusante du cartouche. Aussitôt la fusée s'élève verticalement à une grande hauteur en traçant un long sillon de lumière qui peut être aperçu à plusieurs lieues de distance.

La simplicité de cet artifice, son peu de volume, la facilité de son emploi, et la distance à laquelle on peut l'apercevoir, le rendent très-utile pour les signaux de nuit, d'autant plus qu'au moyen d'une combinaison de groupes de fusées successivement lancés, on peut obtenir une série de signaux différents, propres à une correspondance télégraphique.

Les fusées armées de pots de garniture remplis d'artifices brillant de diverses couleurs, augmentent encore cette propriété télégraphique en multipliant les signaux.

Ces fusées diffèrent des précédentes en ce qu'on ajoute à leur partie antérieure un pot ou manchon cylindrique d'un diamètre plus grand que celui du cartouche. Ce pot est fixé de manière à avoir le même axe que la fusée et on le surmonte d'un chapiteau conique, après l'avoir garni d'artifices. Les fusées sont percées à l'extrémité qui porte le pot, afin que la composition, en achevant de brûler, communique le feu à la poudre destinée à faire éclater le pot et à allumer les artifices qu'il renferme. Ceux dont on fait le plus d'usage sont les suivants :

Les étoiles cubiques et moulées ;
La pluie d'or ;
Les serpenteaux ;

Les pétards ;
Les étoiles détonantes ;
Les marrons ordinaires et luisants ;
Les saucissons ordinaires et luisants.

Parmi ces artifices, il y en a de détonants qui sont destinés à appeler l'attention ; ce sont :

Les pétards ;
Les marrons ordinaires ;
Les saucissons ordinaires.

D'autres produisent simplement une lumière blanche ou colorée ; ce sont :

Les étoiles cubiques ou moulées ;
La pluie d'or ;
Les serpenteaux.

Enfin d'autres sont à la fois lumineux et explosifs ; tels sont :

Les étoiles détonantes ;
Les marrons luisants ;
Les saucissons luisants.

Les pétards sont de petits cartouches de 17 millimètres de diamètre extérieur, étranglés et tamponnés à une de leurs extrémités, chargés de poudre, amorcés par un bout de mèche d'étoupille et étranglés au-dessus de la poudre.

Les marrons ordinaires sont de petits cubes de carton remplis de poudre à fusil, autour desquels on enroule une ficelle, de manière que les différents tours se touchent pour les recouvrir ; puis on les re-

couvre une seconde fois en croisant les brins. On amorce ces marrons avec un brin de mèche à étoupille, fixé dans un trou qui pénètre jusqu'à la poudre et pratiqué au centre d'une face.

Les saucissons sont de petits cartouches tamponnés aux deux extrémités, remplis de poudre à fusil et amorcés avec un brin de mèche à étoupille. On les recouvre d'un double ficelage, l'un en enroulant la ficelle suivant la longueur du cartouche, et l'autre au-dessus en formant une hélice avec des tours contigus.

Quand la fusée est arrivée à sa plus grande hauteur, le pot garni d'artifices éclate, et ces derniers, dont l'amorce est allumée, sont projetés dans les airs et produisent des détonations qu'on peut entendre à des distances plus ou moins considérables, selon la tranquillité de l'atmosphère et la direction du vent.

On prétend que, par un temps calme, ces détonations peuvent être entendues à une distance de plusieurs lieues.

Les étoiles cubiques ou moulées sont de petits cubes ou cylindres formés avec une pâte composée avec les matières suivantes, mélangées dans les proportions indiquées comme il suit :

Salpêtre,	3,20.
Soufre,	1,60.
Pulvérin,	1,10.
Cristal pilé,	0,90.
Gomme arabique,	0,02.
Eau-de-vie,	1 litre.

Ces étoiles donnent un feu blanc très-brillant. Elles sont percées selon l'axe d'un trou destiné à loger un brin de mèche à étoupille servant d'amorce, et en outre elles sont saupoudrées avec du pulvérin.

On peut, pour multiplier le nombre des signaux, employer des pâtes d'étoiles produisant une lumière colorée; mais les feux de couleurs ne sont pas en usage en France.

Les compositions indiquées, dans le *Cours d'Artifices*, comme propres à atteindre ce but pour les artifices de joie, et qu'on pourrait employer à la guerre, si on le jugeait utile, sont données dans le tableau suivant :

Tableau des compositions employées pour produire des feux colorés.

MATIÈRES	FEU						Flamme blanche du Bengale.
	Rose.	Rouge	Bleu.	Vert.	Jaune	Violet	
Pulvérin	»	»	»	»	»	»	18
Salpêtre	16	»	»	»	»	»	»
Soufre	»	4	1	25	2	24	70
Noir de fumée	3	1	»	»	»	»	»
Chlorate de potasse		7	3	45	1	22	»
Nitrate de strontiane	»	12	»	»	»	»	»
Sulfate de strontiane	»	»	»	»	1	18	»
Sulfate ammoniaque de cuivre	»	»	1	»	»	»	»
Bicarbonate de soude	»	»	»	»	1	»	»
Nitrate de baryte	»	»	»	60	»	»	»
Carbonate de cuivre	»	»	»	»	»	1	»
Protochlore de mercure	»	»	»	1,5	»	»	»
Limaille de cuivre	»	»	»	5	»	»	»
Cristal pilé	»	»	»	»	»	»	12

Les étoiles se confectionneraient avec ces compositions comme celles dont nous avons parlé.

Les Anglais, qui font un grand usage des signaux produits au moyen des garnitures des pots de fusées, emploient pour obtenir leurs feux colorés les compositions suivantes (1).

ÉTOILES BLANCHES.

Pulvérin,	1,134.
Salpêtre,	3,402.
Soufre,	1,701.
Huile de lavande,	0,567.
Camphre,	1,417.

ÉTOILES BLEUES.

Pulvérin,	2,267.
Salpêtre,	1,134.
Soufre,	0,567.
Esprit de vin,	0,567.
Huile de lavande,	0,567.

ÉTOILES BRILLANTES.

Salpêtre,	9,920.
Soufre,	4,250.
Pulvérin,	2,120.

Ces étoiles se confectionnent comme en France; il en entre 36 dans une fusée d'une livre et 22 dans une d'une demi-livre.

La pluie d'or consiste en petits cubes composés avec une pâte faite avec :

Pulvérin,	5,0.
Soufre,	1,0.

(1) *Manuel de l'artilleur anglais*, par A. Griffiths.

Gomme,	1,0.
Fleur de suie,	1,0.
Noir d'Allemagne,	1,0.
Salpêtre,	1,0.
Eau-de-vie gommée.	

Les serpenteaux sont de petits cartouches tamponnés par une extrémité, étranglés par l'autre et chargés avec une composition faite avec :

Pulverin, 6,00.
Charbon, 1,25.

Le tout broyé ensemble et humecté avec 1/15 d'eau.

Quand les fusées sont parvenues au point le plus élevé de leur course, le pot éclate, et les artifices lumineux qu'il renferme sont projetés dans les airs où ils tracent des trajectoires lumineuses dont l'ensemble forme une belle gerbe de feu.

Ces artifices peuvent être aperçus de fort loin, car des expériences directes l'ont démontré d'une manière certaine.

Enfin, les artifices dont il reste à parler, possèdent la double propriété de briller d'un vif éclat, et de faire explosion, ce qui permet de combiner à la fois les explosions et les feux colorés pour multiplier le nombre des signaux. Ces artifices sont d'une grande simplicité, comme on va le voir.

Les étoiles détonantes sont de petits cartouches de carton, tamponnés à une extrémité, chargés de poudre à fusil sur une hauteur d'environ dix-huit

millimètres, étranglés au-dessus de cette charge, puis remplis de pâte d'étoile, qui, en achevant de brûler, communique le feu à la poudre.

Les marrons luisants sont des marrons ordinaires enveloppés avec de l'étoupe ou du coton imprégné de pâte d'étoile, le tout recouvert d'une couche de cette même pâte.

Les saucissons luisants sont des saucissons ordinaires recouverts de pâte à étoile comme les marrons.

Le nombre des artifices employés pour garnir les pots de fusées, dépend à la fois de l'espèce d'artifice et de la puissance de la fusée. Le tableau suivant, donne ces quantités pour les trois numéros de fusées en usage en France dont les calibres sont de vingt millimètres, vingt-sept millimètres et trente-quatre millimètres.

Garnitures de fusées de	20 mill.		27 mill.		34 mill.		OBSERVATIONS.
	Nombre.	Poids.	Nombre.	Poids.	Nombre.	Poids.	
		gr.		gr.		gr.	
Pétards.	»	57	15	107	23	164	
Marrons ordinaires . .	»	70	2	154	2	242	Grandeur variant avec le calibre de la fusée.
Saucissons ordinaires .	»	63	1	145	1	201	id.
Etoiles cubiques. . . .	14	65	28	130	42	195	
Etoiles moulées. . . .	14	65	28	130	»	195	Le nombre est déterminé
Pluie d'or.	»	65	»	130	42	195	par les poids indiqués.
Serpenteaux.	9	72	18	145	27	217	
Etoiles détonantes. . .	8	66	15	125	23	191	
Marrons luisants. . . .	»	»	1	111	1	176	Grandeur variant avec celle de la fusée.
Saucissons luisants. . .	»	»	1	125	1	260	id.

Ce tableau montre qu'en général les pots sont garnis d'un nombre assez considérable d'artifices, limité par le poids dont il convient de charger les fusées pour ne pas diminuer la hauteur de leur ascension.

L'emploi des fusées portant des pots de garniture est aussi simple que celui des fusées ordinaires; il suffit, comme pour ces dernières, de les soutenir verticalement les baguettes en bas et de mettre le feu au brin d'étoupille placé à leur gorge pour servir d'amorce.

Les fusées s'élèvent aussitôt en traçant un brillant sillon de lumière, arrivent au terme de leur ascension, et communiquent le feu à la charge de poudre qui est au fond du pot; celui-ci éclate aussitôt et les artifices de garnitures allumés sont projetés dans les airs.

Les uns, en éclatant, produisent une série de détonations, les autres décrivent dans l'air des trajectoires lumineuses de diverses couleurs, puis s'éteignent; enfin d'autres, après avoir décrit de brillantes courbes, s'éteignent en produisant de nombreuses explosions.

On admet que les explosions ainsi produites peuvent par un temps calme ou un vent favorable être entendues à plusieurs lieues, mais les expériences précises manquent pour confirmer cette opinion. L'influence du vent, du reste, est si grande qu'en comptant exclusivement sur les signaux par explosion on serait souvent induit en erreur.

Les signaux produits par des artifices lumineux

peuvent toujours au contraire être aperçus de très-loin. Des expériences faites il y a plus d'un siècle par Robins, renouvelées plusieurs fois depuis, ont prouvé qu'on pouvait apercevoir une fusée à plusieurs lieues à l'œil nu, et jusqu'à quinze et vingt lieues avec de bonnes lunettes.

Les fusées avec artifices éclairants paraissent être préférables aux autres. Cependant des fusées garnies d'artifices éclairants et explosifs, pourraient souvent l'être davantage à des distances moyennes parce qu'elles permettent d'employer à la fois les explosions comme signal d'avertissement, et comme combinaisons pour augmenter le nombre des signaux.

Les fusées volantes, par leur petit volume, la distance à laquelle elles peuvent être aperçues, leur emploi facile sont très-commodes pour produire les signaux, masi seulement les signaux passagers. Quand on a besoin d'un signal lumineux visible de très-loin et d'une certaine durée, le problème est plus difficile, car il s'agit alors de faire soutenir dans les airs une masse de composition assez considérable pour brûler longtemps, pendant tout le temps de sa combustion.

On a essayé d'y parvenir au moyen de fusées à parachute. Les premiers essais dans ce genre paraissent avoir été tentés dans le commencement du siècle en Angleterre et en Danemarck. Cet artifice se composait d'une fusée ordinaire garnie d'un large pot évasé dans lequel était la boîte contenant la composition et le parachute destiné à la soutenir. Quand

ils étaient chassés hors du pot, le parachute devait se déployer et soutenir la boîte remplie de composition éclairante.

L'exécution et l'emploi de ces artifices a rencontré et offre encore de grandes difficultés, entr'autres : tantôt le parachute ne se déploie pas, tantôt les fils de support s'entortillent et ne se déploient qu'imparfaitement, etc. Dans ces deux cas l'artifice éclairant tombe à terre plus ou moins vite et ne produit aucun effet.

En France on est arrivé à des résultats assez satisfaisants en employant de petites boîtes; cependant ils sont encore peu assurés. La boîte, contenant la composition éclairante, est fixée par le côté opposé au côté ouvert, aux fils du parachute. La boîte d'artifice, et le parachute ployé sont logés dans un fourreau conique en carton évasé à la partie ouverte, et fixé par l'autre au fond du pot avec un bout de corde. Ce fourreau, qui repose sur une petite charge de poudre, est lancé dans l'air au moment où elle fait explosion, mais, retenu par le bout de corde, il ne peut abandonner le cartouche tandis qu'il laisse échapper la boîte d'artifices et le parachute, qui, se déployant aussitôt, soutient dans les airs l'artifice éclairant.

Les boîtes de chaque fusée peuvent être remplies de compositions, brûlant avec des couleurs différentes, de sorte qu'en en combinant convenablement plusieurs le nombre et la variété de fusées lancées simultanément, on pourrait établir un certain nombre

de signaux bien distincts, qui seraient très-utiles dans plusieurs circonstances.

Ces boîtes à parachute, visibles à une grande distance, peuvent être très-utiles dans les circonstances où il serait nécessaire de produire un signal d'une certaine durée; mais outre les inconvénients inhérents à une exécution difficile, à un emploi incertain, il faut joindre celui, non moins grave, de dépendre de la direction du vent, et d'exiger, par conséquent, pour avoir quelques chances de réussite, un air parfaitement calme, état atmosphérique très-exceptionnel.

Aussi l'usage de ces artifices a-t-il été très-restreint jusqu'à présent.

Les artifices destinés à éclairer peuvent être groupés dans deux classes; l'une comprendrait ceux qui sont destinés à être employés à une petite distance du lieu occupé, soit qu'on les place à la main aux endroits déterminés, soit qu'on les y conduise ou qu'on les y fasse rouler; l'autre contiendrait les artifices destinés à éclairer des lieux plus ou moins éloignés, résultat généralement obtenu par leur projection. Les premiers peuvent être considérés comme des *artifices de position*, les seconds comme des *artifices de projection*; nous adopterons cette division très-simple et conforme aux faits.

Les artifices éclairants de position les plus usités sont : les bûchers, les réchauds, les torches ou flambeaux, les tourteaux goudronnés, les fascines goudronnées, les barils ardents ou à éclairer, etc.

Les bûchers ou amas de bois sec, mélangé avec des matières incendiaires, donnent une lumière faible, douteuse, difficile à produire promptement, et qui résiste peu à la pluie, à la neige, etc.

Les réchauds ou barils remplis de résine, de goudron, etc., donnent aussi une lumière peu intense, fuligineuse et de peu d'effet. L'emploi d'une composition ternaire, salpêtre, soufre, charbon, telle que celle de la lance à feu française qui brûle avec une belle flamme et ne s'éteint pas dans l'eau, ou de la composition prussienne, 75 salpêtre, 24 soufre, 1 charbon, serait de beaucoup préférable.

Les flambeaux sont aujourd'hui composés de faisceaux de fil mal tordu, imbibés et enduits d'une composition obtenue par la fusion de :

Suif de mouton,	1.
Cire jaune,	2.
Poix-résine,	8.

Et pour qu'ils brûlent par couches parallèles on recouvre leur surface d'un enduit incombustible composé de :

Colle forte,	1,3.
Chaux vive,	1,3.
Eau,	5,0.

Quand on veut allumer ces flambeaux il faut écraser le petit bout pour faciliter l'inflammation. Leur lumière est faible, et pour éclairer soit une longue zone

comme le passage d'un défilé, un mauvais chemin, etc. une grande surface, il faut un nombre considérable de flambeaux à cause du peu de distance à laquelle il faut les placer pour obtenir un éclairage convenable.

Les tourteaux sont des couronnes faites avec de vieilles cordes ou mèches à canon, entrelacées sans être serrées; elles ont environ 0m 16 de diamètre extérieur et 0,05 intérieur et sont enduites d'abord avec un mélange obtenu par la fusion de :

Poix noire,	20.
Suif de mouton,	1.

Puis, quand cette composition est sèche, on la plonge dans un bain chaud composé de poix noire et poix résine en parties égales, ensuite on les saupoudre avec de la sciure de bois.

Les tourteaux sont très-anciens, car Fronsperger en fait mention dans le *Livre de guerre* (Kriegsbuch) publié en 1555.

Pour employer les tourteaux on en met deux ou [redacted]

de diamètre, puis elles sont plongées dans une composition bouillante faite avec :

Poix noire, 10.
Suif de mouton, 1.

Et quand elles sont sèches on les plonge dans le mélange de poix résine employé pour les tourteaux, puis on les amorce en plongeant leurs extrémités dans de la roche à feu.

Les fascines goudronnées servent principalement à éclairer les glacis. Pour en faire usage on les place debout en les enfilant avec les tiges verticales d'un réchaud, ou de simples piquets plantés dans le sol, ou on les place simplement à terre. Ce dernier moyen est généralement employé pour éclairer les glacis.

L'effet lumineux des fascines est très-faible, surtout dans ce dernier cas.

Le baril ardent ou à éclairer est composé de deux barils concentriques percés de trous à leur fond ainsi que sur les circonférences de leurs bouges et sur quatre autres placées deux à deux symétriquement relativement à celle-ci. Le baril intérieur est rempli de copeaux minces trempés dans de la poix résine et disposés autour d'un faisceau de lances à feu placées suivant l'axe. Chaque trou est aussi garni d'un bout de lance à feu destiné à porter le feu au massif de copeaux. Tous les brins de lance sont réunis par des bouts de mèches à étoupille convergeant vers les deux extrémités du faisceau de lances afin d'y recevoir le

feu au moyen des fusées placées au centre de chaque fond du baril extérieur.

Le baril ardent ou à éclairer est un artifice volumineux, long et difficile à préparer; employé principalement pour éclairer les brèches. Pour s'en servir on le transporte au haut des brèches, on allume les fusées, puis on le laisse rouler du haut de la brèche en bas. Les fusées, en brûlant, communiquent, par l'intermédiaire des bouts de lance, le feu aux copeaux du baril intérieur, qui s'enflamment et laissent échapper par les ouvertures des jets de flamme d'abord fuligineuse. La flamme prend bientôt le dessus et on obtient un large foyer d'incendie doué de propriétés défensives et éclairantes. Mais il arrive quelquefois que le baril brûle, en produisant seulement une fumée très-épaisse qui étouffe la flamme et rend nuls les effets de cet artifice.

Les artifices de projection mis en usage sont : les traits ou flèches à feu, les boulets à éclairer, les balles ardentes, les carcasses, les balles à feu, les fusées, les artifices à parachute.

Les flèches ou traits à feu furent employés bien longtemps avant l'invention de la poudre, car on en fit usage au siége de la Mecque en 690 et à celui de Damiette par saint Louis en 1290. Ces artifices consistaient en des flèches ordinaires dont la partie antérieure était garnie d'étoupes imprégnées de matières combustibles allumées avant d'en faire usage. On les lançait soit à la main, soit au moyen de machines diverses.

L'emploi de cet artifice, dont la portée était faible, peu précise, et la lumière peu brillante, a, malgré ces inconvénients, persisté longtemps après l'invention de la poudre et l'usage des bouches à feu. Car au siége de Reisemburg en 1431 les Brandebourgeois avaient plus de 800 traits à feu, et ce ne fut qu'en 1600 qu'ils cessèrent d'employer ce sartifices, lorsque le comte de Lynar introduisit l'usage du mortier dans le Brandebourg.

En France, l'usage des traits à feu continua jusqu'au milieu du XVIIe siècle, époque à laquelle on adopta les balles à feu et le mortier pour les lancer.

Ce fut à la traduction française par Noisset, en 1651, de *l'Ars magna artilleriæ* de Siemienowitz que la France dut ce progrès.

Les balles à main ou pelottes destinées à être lancées à de petites distances avec la main sont fort anciennes. Quoïque antérieur à l'invention de la poudre, leur emploi s'est perpétué jusqu'à nos jours. Elles consistaient généralement en étoupes imprégnées de composition éclairante et confectionnées en boules, puis amorcées quand elles étaient sèches avec une composition vive ou une petite fusée.

Diego Ufano (1) donne la composition suivante :

Poudre,	1.
Soufre,	1.
Salpêtre,	1.
Sel ammoniac,	1.
Camphre,	1/4.

(1) *Artillerie*, etc., 1621.

Ces matières étaient fondues ensemble dans de la poix, de l'huile de pétrole ou de lin, et on formait, en pétrissant le mélange, des boules amorcées ensuite avec une petite fusée quand elles étaient sèches.

Saint Rémy (1) donne plusieurs compositions dont la suivante est la plus simple :

Poix-résine,	1.
Soufre,	3.
Salpêtre,	1.

Le tout mélangé et fondu ensemble servait à imprégner des étoupes avec lesquelles on confectionnait alors les pelotes.

Scheel (2) rapporte, d'après un cours d'artifices fait à Strasbourg en 1764, que les balles à lancer à la main se composaient d'une pâte composée de :

Pulvérin,	4,00.
Salpêtre,	4,00.
Soufre,	3,50.
Colophane,	3,25.

Le tout mélangé, pulvérisé et humecté avec de l'eau-de-vie camphrée ou de l'huile. Ces petites pelotes étaient mises dans une enveloppe de toile ou de treillis, et amorcées au moyen de deux trous percés en croix et remplis de composition de fusée à bombes.

(1) *Mémoires d'artillerie*, 1745.
(2) *Mémoires d'artillerie*, 1795.

Enfin, d'Urtubie (1) donne les compositions suivantes :

Poix-résine,	1.	ou	Salpêtre,	1.
Soufre,	3.		Soufre,	1.
Salpêtre,	1.		Camphre,	2.
Pulvérin,	1.		Pulvérin,	2.
			Borax,	1.

Les matières de chacune de ces compositions étaient mélangées ensemble, broyées et humectées avec de l'huile de pétrole ; on formait ainsi une pâte dans laquelle on plongeait des étoupes pour confectionner les pelotes, qu'on trempait alors dans une composition formée de parties égales de poix noire, de cire neuve, de colophane et de suif de mouton ; on enveloppait ensuite les pelotes avec de la toile et on les amorçait avec de la composition de fusée à bombe mise dans un trou ménagé par le moyen d'une cheville.

Ces pelotes ne peuvent servir qu'à de très-petites distances, pour éclairer les brèches, par exemple. Il faut les jeter en grand nombre pour produire quelque effet. Aussi leur peu d'efficacité a rendu leur usage de moins en moins fréquent, et tend à la faire disparaître.

Les boulets éclairants étaient composés de petits boulets de fer recouverts de composition éclairante, ou d'étoupes qui en étaient imprégnées, jusqu'à ce qu'ils

(1) *Manuel de l'artilleur*, 1795.

fussent parvenus au calibre convenable aux bouches à feu qui devaient les lancer. On les enveloppait ensuite avec de la toile, puis on les perçait de plusieurs trous avec des chevilles de bois qu'on retirait quand la composition était sèche. Ces trous étaient alors remplis de composition de fusées à bombes pour servir d'amorce. La composition éclairante employée était celle des pelotes ou des balles ardentes dont nous allons nous occuper.

L'emploi de ces boulets, recommandé jusqu'à la fin du dernier siècle, paraît remonter à 1555, d'après Fronsperger.

Ces balles, qui avaient l'avantage d'être lancées très-loin, produisaient peu de lumière et s'éteignaient souvent. Aussi leur usage était-il très-restreint et fut-il abandonné.

Cependant, malgré ces inconvénients, on a proposé en Angleterre, en 1811, d'employer de nouveau ces artifices éclairants. Les expériences faites par M. Fane, qui les avait proposés, n'ayant eu aucun succès, les boulets éclairants furent de nouveau abandonnés.

Les balles éclairantes, aujourd'hui nommées en France balles à feu, qu'on lance avec le mortier, paraissent avoir été inventées à la fin du XIVe siècle, en 1387 (1); mais leur usage ne paraît pas remonter au delà du XVIe siècle. Elles se composaient alors et se composent encore aujourd'hui d'une composi-

(1) Moritz-Meyer, *Technologie*.

tion éclairante renfermée dans un sac de toile, au fond duquel on mettait des grenades pour en défendre l'approche. Le sac avait une forme à peu près ovoïdale, et était recouvert d'un réseau de corde ou de fil de fer artistement tressé, qui avait pour objet de protéger la balle contre l'explosion de la charge du mortier et l'effet du choc au point de chute. On les amorçait avec une composition vive ou celle de fusées à bombes, mise dans des trous pratiqués pour cet objet. Enfin, la balle terminée était plongée dans une composition analogue à celle des tourteaux goudronnés.

Les compositions employées sont de deux espèces : la première comprend les compositions fondues; l'autre, les compositions sèches. Les premières, malgré les dangers de leur préparation, ont joui pendant longtemps d'une grande réputation parmi les artificiers; mais aujourd'hui on commence à contester leur supériorité sur les compositions sèches.

Les principales compositions fondues employées jusqu'ici sont les suivantes :

Celle que donne Saint-Remy (1) consiste en :

Poudre,	30.
Résine ou poix blanche,	5.
Poix noire,	10.
Suif de mouton,	2.
Étoupes,	2.

(1) *Mémoires d'artillerie*, 1745.

On faisait fondre d'abord la poix, puis on jetait dans la chaudière le suif, enfin la poudre, quand le mélange était refroidi, et on mélangeait le tout ensemble. On plongeait dans cette composition l'étoupe divisée en petits flocons pour mieux l'imprégner, puis on l'employait à la confection de la balle à feu.

Celle du *Cours d'artifices* de Strasbourg, en 1764, reproduite par Scheele (1), est un mélange de :

Poix noire,	24.
Poix blanche,	12.
Suif de mouton,	4.
Poudre grainée,	60.
Camphre,	1.

Etoupes, autant que la composition peut en imprégner.

La préparation était analogue à la précédente.

Enfin on employait en France, il y a peu d'années, la composition suivante, très-compliquée (2) :

Poix noire,	1,959.
Poix blanche,	3,918.
Suif de mouton,	0,783.
Huile de lin,	0,465.
Huile de thérébentine,	0,465.
Poudre à canon,	5,880.
Etoupes,	0,900.

En outre 5,880 de composition sèche faite d'avance avec les ingrédients suivants :

(1) *Mémoires d'artillerie*, 1795.
(2) *Aide-Mémoire d'artillerie*, 1844.

Cire jaune,	0,666.
Salpêtre,	16,000.
Fleur de soufre,	6,000.
Sciure de bois salpêtrée,	4,068.
Régule d'antimoine,	1,666.
Poudre en grain,	1,000.

La préparation de la composition est analogue aux précédentes. Mais la composition sèche se faisait ainsi : on fondait d'abord la cire, puis on y incorporait le salpêtre ; on versait alors le mélange sur le soufre et on ajoutait par petites parties l'antimoine et la poudre ; enfin on mélangeait le tout à la main avec grande précaution pour éviter de dangereuses explosions.

Les compositions sèches pour la confection des balles à feu ont été proposées et essayées depuis longtemps.

Ainsi Miethen (1) en 1684 donnait comme une excellente composition éclairante la suivante faite avec :

Charbon,	3.
Salpêtre,	10.
Soufre,	2.

broyés et mélangés ensemble. Le mélange, mis dans le sac qu'on ficelait ensuite, constituait la balle à feu. On voit combien la confection était simple et facile ; mais la mode des compositions fondues faisait préférer les balles faites avec ces dernières.

(1) *Manuel de technologie*, par Meyer.

En 1700 (1), les Prussiens faisaient usage de la composition obtenue par le mélange de :

Salpêtre, 13.
Soufre, 10.
Pulvérin, 1.

En 1790 (2), la composition prussienne était produite en mélangeant :

Salpêtre, 12,5.
Soufre, 10.
Pulvérin, 1.

De sorte que, pendant tout le XVIII[e] siècle, on a conservé en Prusse la même composition.

En France, on a abandonné récemment la composition fondue pour les balles à feu et adopté une composition sèche résultant du mélange de (3)

Salpêtre, 8.
Soufre, 2.
Antimoine, 1.
Le tout humecté avec 1|30 d'eau.

Cette composition ainsi préparée est mise dans le sac enveloppé, au fond duquel est fixé un obus de

(1) *Manuel de technologie*, par Meyer.
(2) *Manuel de technologie*, par Meyer.
(3) *Cours d'artifices de guerre*, 1850.

campagne destiné à défendre la balle. Le sac est ensuite fermé, ficelé et goudronné.

Le sac est ficelé au moyen d'une série de méridiens en fil de fer arrêtés en dessus et en dessous par des anneaux. Ce mode de ficelage, proposé et décrit il y a plus de deux siècles par Siemenowitz, a paru supérieur à tous les autres. Mais, comme le fil de fer est susceptible de s'oxyder assez vite au contact du sac, il est à craindre que le ficelage des balles restées longtemps en magasin, soit insuffisant : l'expérience prononcera.

On goudronne la balle ainsi ficelée en la plongeant dans un bain chaud produit par la fusion de :

Poix-résine, 5.
Goudron, 4.
Cire jaune, 10.

On pratique à la partie supérieure des balles quatre trous dans lesquels on enfonce des chevilles avant le goudronnage. Ils servent à amorcer les balles en les remplissant avec une composition faite en mélangeant :

Pulvérin, 6.
Salpêtre, 3.
Soufre, 1.

Malgré le ficelage artistique destiné à empêcher la rupture des balles à feu, elles se brisaient souvent dans le tir. Pour remédier à cet inconvénient, Ber-

nard Galen inventa les carcasses en 1672. Elles se composaient d'une balle à feu ordinaire où le ficelage était remplacé par deux cercles ovoïdaux en fer, dont les plans méridiens à angle droit étaient fixés à un culot en fer destiné à amortir le choc de l'explosion de la charge du mortier.

On en faisait d'énormes, car Geisler en brûla une en 1673 devant le roi de Prusse, qui renfermait cent soixante-trois livres de composition.

D'abord on adopta généralement l'usage des carcasses, pensant qu'elles protégeraient mieux les balles que les ficelages. Mais les résultats ne répondirent pas aux espérances qu'elles avaient fait concevoir. L'irrégularité de leurs portées et leur déviation considérable, les firent abandonner en France en 1697. On revint alors aux balles à feu, et cet exemple ne tarda pas à être suivi partout.

Vers la fin du siècle dernier, en 1798, on fit en France quelques essais pour revenir aux carcasses, mais ils furent défavorables et n'eurent pas de suite, de sorte que les balles à feu ont toujours continué d'être en usage.

Les balles à feu et les carcasses se lancent généralement avec les mortiers, quelquefois avec les obusiers de vingt-deux centimètres. Les charges employées sont faibles, pour ne pas les briser. Elles varient de 1|40 à 1|25 du poids des balles à feu, et doivent donner des portées de quatre cents à six cents mètres; mais ces dernières sont souvent beaucoup moindres.

Les fusées des balles s'allument par l'explosion de la charge et communiquent le feu à la composition éclairante, qui, peu à peu, produit un foyer lumineux plus ou moins intense, selon le volume de la composition et la position de la balle. Les grosses balles éclairent une zone plus grande que les petites; celles qui sont faites avec des compositions fondues donnent une lumière rougeâtre due aux matières végétales qu'elles renferment ; tandis que celles faites avec des compositions sèches, donnent une belle lumière blanche. Enfin, selon que la balle est sur un tertre ou dans un fond, en arrière ou en avant des objets qu'elle doit éclairer, elle produit des effets très-différents.

On a essayé depuis longtemps d'employer les fusées pour éclairer, mais sans succès. Dans le commencement du siècle, on a fait de nouveaux essais, qui ont donné peu de résultats. Aussi ces fusées ont-elles été peu en usage. Cependant on prétend qu'en 1814, le vaisseau le *Plantagenet* lança avec avantage des fusées à éclairer, dans les attaques de nuit, sur les côtes de Chesapeak. En 1819, le prince Augustin fit faire, à Vienne, de nombreuses expériences sur les fusées à éclairer, mais les résultats n'ont pas paru assez avantageux pour faire adopter cet artifice éclairant.

Enfin on a essayé d'employer, pour éclairer, des balles à feu à parachute. De nombreuses expériences ont été faites à ce sujet, principalement en Angleterre

et en Danemarck, au commencement du siècle. Les difficultés, plus grandes encore dans ce cas que lorsqu'il s'agit des petits artifices employés pour signaux, ne sont pas encore surmontées. Du reste, le seraient-elles, les balles à feu à parachute seraient toujours d'un usage très-restreint, car leur emploi exige : ou un air calme, ou une légère brise favorable pour pousser l'artifice vers le terrain à éclairer.

En résumé, malgré leurs défauts, les balles à feu sont encore aujourd'hui les artifices éclairants en usage.

RÉPONSE

A l'article inséré dans le Central Litterarisches Blatt

SUR LES

ÉCOLES DE FORTIFICATION

ALLEMANDE ET FRANÇAISE

A L'OCCASION DU MÉMOIRE SUR LA PLACE DE RASTADT,

Par le Capitaine Baron **MAURICE DE SELLON**.

Il y a environ dix-huit mois que nous avions publié, sous le nom d'*Études de Fortification permanente*, une description de la place de Rastadt, suivie (comme étude pratique de la fortification allemande) d'un projet d'attaque simulée contre l'un des forts de cette place. Les ingénieurs allemands se sont émus, à ce qu'il paraît, des critiques dirigées contre une de leurs citadelles modèles, et voici ce que l'un de leurs organes répondait à notre travail dans un des journaux périodiques les plus répandus de l'autre côté du Rhin. — Nous traduisons littéralement :

Feuille centrale littéraire de l'Allemagne,

LE Dr ZARNCKE, ÉDITEUR.

18 *Juin* 1851, *n°* 26, (*Leipsick*).

Baron Maurice de Sellon, capitaine du génie dans la Confédération suisse. ÉTUDES DE FORTIFICATION PERMANENTE, Corréard, Paris 1850.

1° Plan et description de la citadelle fédérale de Rastadt, d'après des documents authentiques. Examen du tracé des ouvrages extérieurs et de ceux de l'enceinte, avec un atlas de 3 planches, 4 th.

2° Examen du tracé enseigné aux troupes du génie qui font partie du 8me corps d'armée de la Confédération germanique, et appréciation de sa capacité de résistance., observation sur le projet de fortification polygonale à caponnières, par un officier du génie prussien.

« Les trois mémoires contenus dans les deux livres que nous annonçons, seront connus déjà à une partie de nos lecteurs, comme ayant été insérés dans le journal *des Armes spéciales*. L'un d'eux renferme le plan et la description de la citadelle fédérale de Rastadt, accompagné d'un projet d'attaque simulée contre le fort Léopold. — Le second contient un examen de deux tracés polygonaux, dont l'un a été inséré dans le cahier relatif au service des pionniers du huitième corps d'armée de la Confédération germanique, et l'autre, produit du travail d'un officier du génie prussien, a été traduit par le capitaine du génie Parmentier, et publié aussi dans le journal *des Armes spéciales*. Ces trois mémoires sont tous dignes d'une étude approfondie de la part des ingénieurs militaires, ils inspireront de l'intérêt à ceux qui ne sont pas encore familiarisés avec les vues de l'auteur : et qui ne tarderont pas à reconnaître en lui un intrépide (1) défenseur du système bastionné. »

Le plan de Rastadt est probablement accidentellement tombé dans les mains de l'auteur à l'époque de la révolution badoise. — Ce plan est exact aux modifications près apportées dans les ouvrages extérieurs ainsi que dans les réduits de l'enceinte: *heureusement il n'est accompagné d'aucune cote!*

La description des ouvrages, faite seulement d'après

(1) Enragirt.

le plan, n'est pas toujours fidèle et même renferme quelques erreurs, quant aux profils et aux obstacles et moyens accessoires de défense.

Par cette même raison, le plan d'attaque contre le fort Léopold participe de ces quelques erreurs, mais en partant des bases de l'auteur, ce plan d'attaque est curieux et instructif. L'application des calculs de Cormontaingne à la durée de résistance d'une place fortifiée et défendue d'après de tout autres principes ne nous paraît pas juste, quoique le résultat auquel arrive l'auteur, même sans tenir compte de certaines circonstances favorables à la défense, et qu'il ne peut prévoir, soit de nature à rassurer les ingénieurs allemands ; si les recherches habiles et persévérantes de l'auteur ne lui ont pas permis cependant de tout savoir sur Rastadt, on ne peut lui refuser d'avoir réussi à présenter un travail bien plus complet et plus exact que les quelques mots qu'il avait consacrés à cette forteresse, dans son *Essai sur la fortification moderne* en 1843.

Malgré les lumières que la fortification de Rastadt aurait dû fournir à l'auteur, il entreprend dans son second mémoire d'attaquer l'École nouvelle allemande, qu'il réunit en un seul système quoiqu'elle ait été composée d'une infinité de variantes tirées du système polygonal et à caponnières.

L'auteur aurait dû être frappé d'une chose, c'est

que la nouvelle école allemande ne reconnaît aucun système comme étant sans défauts, qu'elle emploie tantôt le système bastionné, tantôt le système tenaillé, tantôt le système polygonal, en un mot chaque tracé suivant qu'il peut se prêter à une forme de terrain donnée. Elle n'adoptera jamais le tracé de Cormontaingne, et encore moins les tracés français plus modernes dans tout leur ensemble et sans modifications, et elle a pour cela les raisons capitales que nous allons énumérer :

1° Les tracés bastionnés demandent trop de place et ne se plient pas assez au terrain pour ne devoir pas exiger des travaux de terrassements considérables dans une foule de cas.

2° Ils se prêtent si peu aux exigences du défilement, que dans la pratique on est souvent forcé de revêtir complétement la magistrale du corps de place.

3° Ce système est si coûteux, qu'on ne peut point mettre en réserve de quoi construire des casemates, qui sont en définitive une construction indispensable.

4° Il n'est point favorable aux retours offensifs de la garnison. La nouvelle école est tout aussi éloignée d'adopter dans leur ensemble les principes de Montalembert, mais elle est animée du désir de parvenir à modifier ces principes parce qu'elle espère

obtenir par leur emploi un résultat décisif. — Elle reconnaît aux idées de Carnot une grande justesse, mais elle s'en éloigne dans l'application, parce qu'elle les trouve trop compliquées. Elle ne méconnaît point les véritables améliorations signalées par Choumara, mais elle repousse toutes les chicanes et les moyens de défense tortueux, tandis qu'elle proclame hautement son adhésion aux tracés simples, basés sur un système de défense à retours offensifs et facilement compréhensible par la garnison.

Ce n'est pas ici le lieu d'insister davantage sur ce sujet; mais on peut inférer de ce que nous venons de dire, qu'il ne faut pas juger l'École de fortification allemande dans les formes souvent variables qu'elle revêt, mais dans son esprit et dans ses principes. — Il est vrai que cela seul est une difficulté, car elle n'a encore trouvé aucun organe pour les exposer. »

Voici maintenant la réponse que nous nous permettons de faire à l'auteur de l'article ci-dessus.

Le plan de la place de Rastadt (feuille n° 1) n'offre d'inexactitudes que celles relatives aux ouvrages extérieurs que nous avons décrits comme exécutés, et qui, ou ne sont pas encore commencés, ou se trouvent encore en voie d'exécution. Quant à la feuille des coupes et profils, nous reconnaissons qu'il peut

bien s'y rencontrer quelques erreurs relatives au relief des réduits casematés, des gorges des bastions; cela vient de ce que plusieurs d'entre eux n'étaient point achevés quand nous avons publié notre mémoire. Mais nous ne pensons pas en avoir omis aucun, ni avoir altéré en rien leur forme et leur orientation. Au surplus la phrase seule du compte rendu : « *heureusement ce plan n'est point coté!* » témoigne suffisamment en faveur de son exactitude.

Quelles qu'aient été les lacunes inséparables d'un travail aussi compliqué que celui que nous avons entrepris d'exécuter, on ne pourra pas nous contester, nous l'espérons du moins, que dans le chapitre qui traite du plan d'attaque, le choix du fort Léopold ne soit conforme aux règles de l'art. Et pourquoi cela ? parce que les Allemands se sont écartés là d'un de leurs principes habituels, qui est de présenter de grandes lignes droites faisant face à la campagne, et de se ménager l'auxiliaire d'ouvrages collatéraux qui puissent prendre en flanc les travaux de l'ennemi.

Le fort Léopold, placé à l'un des angles du polygone que forme la ville, offre un saillant d'autant plus propre à l'attaque qu'il se présente le premier à la base d'opération naturelle de l'ennemi, et qu'il n'est point convenablement appuyé par des ouvrages collatéraux. — Si nous avons appliqué à l'appréciation de la durée

de sa résistance le calcul de Cormontaingne, c'est que les premiers travaux de siége contre le fort A seront en général les mêmes que ceux qu'on entreprendrait contre un front de Cormontaingne, seulement, ainsi que nous l'avons prouvé, les cheminements y marcheront plus rapidement que contre un front bastionné, jusqu'au couronnement du glacis, à cause de l'absence des revers que, dans les fronts bastionnés à angles saillants très-prononcés, l'assiégé peut prendre sur les travaux de l'assiégeant. Notre calcul amène l'assaillant à commencer le dix-neuvième jour ses batteries de brèche contre les escarpes des faces du polygone. Les ingénieurs allemands ne se plaindront pas de notre partialité, car dans un ouvrage récent (1), un officier du génie français estime que le quatorzième jour au matin la brèche contre les escarpes détachées d'une place polygonale d'un tracé assez semblable au fort A doit être déjà ouverte. Il est vrai qu'il ne suppose pas que l'assiégeant ait eu préalablement à prendre deux ouvrages comme les lunettes 34 et 33.

Nous avons exagéré les difficultés relatives au passage du fossé, en admettant que l'assiégé pourrait recourir à des manœuvres d'eau courante. Mais peut-

---

Mémoires sur la fortification polygonale, construite en Allemagne depuis 1815, par A. Mangin, capitaine du génie. — Paris, librairie de Dumaine, 1851.

être aurions-nous pu ne pas faire cette importante concession à nos adversaires ; car si l'assiégé veut pouvoir noyer l'assiégeant dans sa tranchée de passage, il faut évidemment qu'il renonce à utiliser au moment le plus favorable l'artillerie et la mousqueterie de ses caponnières casematées, dont la garnison n'a d'autre retraite que ce même fossé. Ainsi, ou le fossé sera inondé et les caponnières resteront muettes, ou le fossé ne le sera pas, et les caponnières pourront entrer en jeu. Dans tous les cas, leurs maçonneries auront tellement souffert des coups plongeants dirigés contre elles, qu'elles ne pourront sûrement utiliser qu'un bien petit nombre de leurs embrasures et de leurs créneaux. En conséquence, si nous considérons que les batteries basses des flancs des bastions 3, 4 et 5, les caponnières des saillants et les réduits casematés des places d'armes rentrantes du chemin couvert doivent être ruinés et démantelés au moment du passage du fossé, ce n'est pas quarante heures, c'est une ou deux heures tout au plus qu'il faudra compter pour cette opération ; nous aurions donc pu à la rigueur ne calculer que vingt-cinq jours pour la force de résistance du fort A, y compris celle des deux lunettes avancées. Elle serait donc égale à celle d'une place à la Cormontaingne *dépourvue d'ouvrages avancés et de tout retranchement*, et *inférieure* à la capacité de résistance d'une pareille place éclairée par deux lunettes comme celle du fort A, et munie d'un retranchement à la gorge de ses bastions.

Dans l'examen du système polygonal et à caponnières, présenté comme modèle à étudier aux officiers de sapeurs du huitième corps d'armée de la Confédération germanique, nous n'avons point nié, ainsi que paraît le sous-entendre l'auteur de l'article contenu dans le *Litterarisches central Blatt*, que l'École allemande n'emploie tour à tour plusieurs systèmes différents, il faudrait pour contester une pareille vérité ne pas connaître les places de Germersheim, de Vérone, de Rastadt, de Coblentz, d'Ulm et de Mayence, dans lesquelles les ingénieurs allemands ont successivement employé le système polygonal et à caponnières, et un système bastionné bâtard, avec l'escarpe tantôt détachée, tantôt à demi-détachée; mais en considérant le tracé du système polygonal que nous avons appelé *modifié*, offert à l'étude des officiers du génie allemand, *comme modèle à étudier*, nous avons été frappés de deux défauts saillants que nous avons cru devoir signaler: Le premier, c'est que le corps de place ne se défend pas lui-même, une fois la caponnière prise; le second, c'est que les rentrants et les saillants du polygone y sont si peu accusés que l'assiégeant peut en débouchant de la troisième parallèle, couronner du même coup le chemin couvert de la demi-lune et celui des deux angles du polygone, ce qui abrége considérablement les opérations du siége. Nous ne pensons pas qu'il soit possible de contester cette assertion.

Arrivons enfin aux *raisons capitales*, qui font que

l'École allemande « n'adoptera jamais ni le tracé de « Cormontaingne, ni les tracés bastionnés modernes « de l'École française dans leur ensemble, et sans « les modifier. » Nous reprendrons les quatre objections principales dans l'ordre où nos adversaires les ont énoncées.

1° Les tracés bastionnés demandent trop de place et ne se plient pas assez au terrain, pour ne devoir pas exiger des travaux de terrassement considérables dans une foule de cas

En comparant une place du système polygonal, composée de 6 fronts de 500 mètres de longueur, avec un ennéagone bastionné, dont le côté extérieur serait de 340^{m}, on trouve que dans la 1re le rapport du développement de la magistrale au côté extérieur est comme 160 : 500, et dans la seconde comme 80 : 340; la différence en faveur du système polygonal est donc représentée par le rapport de $\frac{1}{5,12}$ à $\frac{1}{4,30}$, c'est-à-dire que dans le système polygonal, la magistrale a un développement égal à près de trois fois le côté extérieur et dans le système bastionné à près de quatre fois le côté extérieur. Quant à la capacité intérieure des deux places, un calcul très-exact, tiré du *Mémoire sur la fortification polygonale*, par M. le capitaine du génie Mangin, établit que la surface intérieure de l'ennéagone bastionné est inférieure à la surface du système polygonal à six fronts

de 500^{m} chacun, d'environ 28824^{m}. — La surface totale de l'ennéagone bastionné étant de 407826^{m}, et celle de l'enceinte polygonale de 436650^{m}, il s'ensuit que la différence relative est de $\frac{28824}{407826}$ ou $\frac{1}{15}$ environ. Mais si l'on tient compte de l'espace utile déterminé par la rencontre des capitales avec la rue de rempart, cet espace se trouve être pour les 9 bastions de 46953^{m}, tandis que l'espace correspondant dans le système polygonal n'est que de 28,980^{m} pour l'enceinte entière.

En sorte qu'en ajoutant ces nombres à ceux trouvés plus haut, on obtient:

Pour la capacité intérieure de l'enceinte polygonale	465,630^{m}
Et pour celle de l'enceinte bastionnée	454,779^{m}
Ce qui donne pour différence en faveur du nouveau système	10,851^{m}

Et pour différence relative $\frac{10851}{454779}$ ou $\frac{1}{45}$ environ, c'est-à-dire une quantité presque insignifiante. L'objection n'est donc pas sérieuse. — Les travaux de terrassement sont considérables dans le tracé bastionné, cela est vrai, mais l'École française partant du principe qu'il vaut mieux opposer aux coups de l'artillerie assiégeante des massifs de terre que des massifs de pierre, elle ne se laissera jamais arrêter

par quelques milliers de mètres cubes de terre à remuer pour obéir à ce principe fondamental de toute bonne fortification. Nous espérons même que l'idée ingénieuse d'un glacis intérieur au fossé pour couvrir jusqu'au cordon les escarpes du corps de place, sera une fois adoptée par le corps du génie français. Car si on lit sans préjugé le deuxième Mémoire de M. le commandant Choumara où il traite des *fossés à glacis intérieurs*, on ne pourra pas ne pas être frappé de la fécondité de cette idée qui, tout en préservant les maçonneries du corps de place des vues du dehors, et en forçant l'assiégeant à établir dans le fossé même ses batteries de brèche, fournit par l'élargissement du fossé les remblais nécessaires à de grands reliefs.

Passons à la seconde objection :

2° Ils se prêtent peu aux exigences du défilement, etc.

Et d'abord qu'est-ce que le défilement ?

L'art du *défilement* consiste à déterminer le relief d'un ouvrage, de telle sorte que les défenseurs se trouvent partout dans l'intérieur de cet ouvrage à couvert des vues et des coups de l'ennemi. — On doit se défiler des hauteurs situées à 1500 mètres et pas au delà. — Le plan de défilement d'un ouvrage ne doit pas en général s'élever de plus de 3 mètres au-

dessus du plan de site. On cherche d'abord à établir la crête de l'ouvrage dans un seul plan de défilement; si cela n'est pas possible on en construit deux, un pour chaque face. Quand ces plans se coupent en gouttière, on élève une traverse pour garantir les défenseurs de la face droite des coups qui passeraient par-dessus la face gauche et réciproquement.

Grâce à ces règles dont l'application pratique est parfaitement familière à tous les ingénieurs militaires français, nous ne comprendrions pas trop quelles difficultés insurmontables pourraient se présenter dans le défilement d'un front bastionné. On a souvent soulevé contre le système bastionné l'objection que les coups dirigés par l'assiégeant contre la face droite d'un bastion pouvaient aller donner de revers contre les banquettes et les pièces du flanc gauche, et que les traverses élevées contre le ricochet, perperpendiculairement aux faces et aux flancs, n'étaient d'aucun secours contre ces coups de revers. — Si les ingénieurs allemands, au lieu de s'en tenir à la critique routinière des Montalembert et des Carnot et de répéter leurs anciennes objections contre le système bastionné, se tenaient plus au courant des systèmes français, ils sauraient que la question du défilement par les traverses a subi dans l'esprit des ingénieurs modernes d'importantes modifications; et qu'il est bien reconnu aujourd'hui qu'une traverse en capitale qui couvrirait de 40 à 50 mètres carrés de

terre-plein et qui dépasserait en relief celui des traverses ordinaires de 4 à 5 mètres, abrite 6 ou 8 pièces de face et de flanc contre les coups de revers ou de ricochet, beaucoup mieux que 6 ou 8 traverses ordinaires qui encombrent un espace double de terre-plein. Si d'ailleurs on ménage dans l'intérieur de cette traverse une batterie casematée abritée par des merlons en terre, on obtiendra un tir en brèche de l'effet le plus efficace. Les Allemands, pour éviter les difficultés inhérentes au défilement, ont pris le parti de présenter à l'ennemi de longues lignes presque droites : de là le système polygonal ; par ce moyen ils préservent les banquettes du ricochet, mais en même temps ils se privent de l'avantage précieux des feux croisés et des feux flanquants ; voilà pour le corps de place. Pour les ouvrages extérieurs, ils pensaient les soustraire au ricochet en abaissant leurs reliefs de telle manière qu'on ne pût les découvrir de la campagne ; mais ils n'avaient pas songé que les pièces vitales de leur tracé, les grandes caponnières du fossé et les traverses casematées qui bouchent en général la trouée du fossé de leur demi-lune, pourraient toujours être démolies de loin par le simple tir de but en blanc des batteries établies dans la deuxième parallèle. — Ce tir plongeant est bien autrement dangereux que le tir à ricochet, et ses résultats sont plus certains.

3° « Le système bastionné est si coûteux qu'on ne peut

« point mettre en réserve de quoi construire des casema-
« tes qui sont, en définitive, une construction indispensable. » Les calculs que nous empruntons à l'ouvrage déjà cité du capitaine Mangin établissent que 9 fronts bastionnés ayant une escarpe de 10^m de hauteur et des flancs de 40^m coûteront 3,657,150 fr., et que 6 fronts du sytème polygonal avec une escarpe détachée de 7^m de hauteur, et une caponnière de fossé à deux étages, coûteront 2,989,500 fr. La différence en faveur de ce dernier système est de 667,650 f., et l'économie relative est de $\frac{667650}{3657150}=\frac{1}{5\,47}$. Il y a donc une économie de $\frac{1}{5}$ en faveur de la fortification polygonale ; mais cette économie n'a pas lieu pour les places polygonales où l'on a adopté un revêtement avec voûtes en décharge comme à Germersheim, ou une escarpe à demi détachée comme à Ulm et dans les forts détachés de Mayence.

Les Français sont sobres dans l'emploi qu'ils font des batteries casematées et des murs casematés : nous devrions dire surtout que quand ils y ont recours, ils les construisent *mieux* et les abritent *toujours*. Une des places modernes où ils en ont fait le plus d'usage, c'est la place de Lyon : Si les ingénieurs allemands visitent les forts détachés de la rive gauche du Rhône, ils verront que le fort Villeurbanne, par exemple, a un réduit quadrilatéral revêtu d'une escarpe à demi détachée en maçonnerie percée de créneaux et de machicoulis, un bastionnet percé de ca-

semates à canon flanque le pan coupé du saillant et les deux faces sont flanquées par deux demi-bastionnets casematés placés à leurs extrémités. Une caserne défensive casematée et voûtée à l'abri de la bombe occupe la gorge du réduit.

Mais ce réduit est placé dans le terre-plein d'un vaste fort bastionné à remparts terrassés et à escarpe revêtue, qui est enveloppé lui-même d'un large fossé à l'eau; ce réduit n'est point vu du dehors et on ne peut rien de loin à ces casemates, vu le puissant relief des fronts bastionnés du fort.

En peut-on dire autant des batteries casematées et des murs casematés qu'on voit dans les forts de Cologne et de Mayence? Non certes!—Enfin, quand les ingénieurs français placent des batteries casematées en vue de l'ennemi, comme à Belfort, à Lyon et à Grenoble, ils ont soin de les construire de manière à ce que les maçonneries des pieds-droits de leurs voûtes soient abritées par des massifs en terre, et que la plupart des coups dirigés contre elles soient parés par les joues des merlons entre lesquelles débouche la baie de la casemate. Au moyen de cette construction, la casemate peut résister à une canonnade très-prolongée, et les artilleurs y demeurent à l'abri des éclats si dangereux des coups d'embrasures.

Nous ne reviendrons pas sur l'emploi abusif que

font, des casemates, les ingénieurs allemands, il est assez connu ; mais puisqu'ils persévèrent à livrer ainsi, sans bouclier protecteur, leurs murailles aux coups de l'assiégeant, il es peut-être bon qu'ils sachent que, par suite d'expériences faites en 1847 sur une grande échelle, on est parvenu à s'assurer que : à 300 mètres de distance et sous un angle de 78° dans l'horizon, une casemate à canon dont le revêtement était de $3^{m},45$ d'épaisseur, les voûtes très-solides et les pieds-droits de séparation de $1^{m},80$ d'épaisseur, a été *complétement détruite* par le tir de 100 coups de canon du calibre de 24 et de 16. — Qu'adviendrait-il des casemates à canon du corps de place de Germersheim, si elles étaient appelées à fournir une épreuve sérieuse de leur solidité?

4° Le système bastionné n'est point favorable aux retours offensifs de la garnison.

Nous sommes forcés de contester cette assertion; elle n'est point conforme à l'expérience des siéges passés, et il y a dans la phrase de l'auteur de l'article, un vague qui tranche assez singulièrement avec l'assurance d'une argumentation sans preuve.

Mais d'abord, l'auteur conviendra que les actions de vigueur et les retours offensifs perdent beaucoup de leurs chances de succès quand les attaques de l'ennemi, bien liées par les parallèles et les demi-parallèles, commencent à se rapprocher des glacis ; car il

se trouve toujours plus en force pour repousser les sorties de la garnison; mais au moins un chemin couvert traversé et des contrescarpes revêtues permettent à cette garnison de lui disputer le terrain pied à pied dès qu'il est à 60 mètres des glacis; elles le forcent à cheminer à la sape pleine, à construire des cavaliers de tranchée, et de temps en temps des détachements réunis au pied de la contrescarpe peuvent tomber à l'improviste sur les têtes de sape. Qu'arrive-t-il, au contraire, avec un glacis contre-penté, c'est que les approches ne sont point observées ni disputées à l'ennemi. La garnison peut marcher en ligne plus déployée contre l'assiégeant; mais si elle se trouve aux prises avec une grand'-garde plus nombreuse, qui la repousse et la poursuive, qui est-ce qui l'empêchera de descendre dans ce fossé avec la garnison en déroute, et de brusquer l'assaut contre les traverses casematées des demi-lunes déjà ruinées par le canon de l'ennemi, et dont les feux sont probablement éteints, afin de s'y loger et de pénétrer dans la place, si les portes pratiquées dans les murs qui relient les caponnières au corps de place ont été démolies à coups de canon? Un pareil danger n'existe pas pour le système bastionné. L'ennemi doit couronner le chemin couvert, établir ses batteries de brèche, et faire enfin un passage de fossé, opération toujours longue et dangereuse.

On nous permettra une dernière réflexion avant

que de terminer notre réponse à l'auteur de l'article du *Litterarisches Central-Blatt*. L'école allemande, dit-il, proclame hautement son adhésion aux tracés *simples*, basés sur un système de défense à retours offensifs et facilement intelligible à la garnison chargée de les défendre. Nous prenons acte de cette profession de foi ; mais il nous semble qu'avec de tels principes, une école sans préjugés devrait plutôt prendre pour modèles Vauban et Cormontaingne, que Carnot et Montalembert.

PARIS. — IMPRIMERIE DE H. V. DE SURCY ET C[e], RUE DE SÈVRES, 37.



JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

DES ARTIFICES ÉCLAIRANTS

EN USAGE A LA GUERRE

ET DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE,

PAR MARTIN DE BRETTES,

CAPITAINE-COMMANDANT AU 3e RÉGIMENT D'ARTILLERIE.

CHAPITRE IV.

Examen des artifices.

Les feux fixes employés pour signaux, produits par l'inflammation des bûchers, des faisceaux de bois goudronnés, des amas de goudron ou de résine, donnent une lumière peu vive, peu claire, et souvent obscurcie par la fumée. Cependant ils ont plusieurs avantages incontestables qui sont : la facilité avec laquelle ils peuvent être promptement produits partout, le peu de dépense et de moyens qu'ils nécessitent; enfin la propriété de pouvoir brûler plusieurs heures, plusieurs jours, et même plus longtemps s'il est nécessaire.

Au lieu d'employer, pour produire un feu fixe, les moyens précédents qui donnent des signaux visibles à des distances peu considérables, il serait préférable de se servir d'un baril ouvert par une extrémité et rempli avec la composition sèche résultant du mélange, bien trituré, de : 5 soufre, 12,5 salpêtre, et 1 pulvérin, ou simplement avec la composition de la lance à feu française.

La lumière produite par ces compositions est très-vive, très-claire et sans fumée, ce qui permet de l'apercevoir de très-loin. La préparation de cet artifice est facile, prompte, et n'exige aucun appareil particulier ni matières particulières, puisque les ingrédients de la composition sont ceux de la poudre ; la lumière peut avoir une durée aussi longue qu'on peut le désirer, il suffit pour cela de renouveler la composition ; mais alors la dépense serait assez considérable à cause du prix des ingrédients.

Cet artifice, du reste, comme tous les précédents, a l'inconvénient, grave pour un signal, de ne pouvoir être aperçu qu'à de faibles distances, à cause du peu d'élévation du foyer lumineux.

Les artifices aériens, au contraire, possèdant la propriété de s'élever dans les airs à une très-grande hauteur, peuvent être aperçus à de grandes distances, ce qui constitue leur supériorité sur les feux fixes. Les fusées volantes sont les seuls artifices aériens dont on ait fait usage jusqu'à ce jour ; elles sont, comme on l'a vu précédemment, de trois espèces, savoir : les

fusées simples, les fusées avec pots de garnitures, les fusées à parachute.

Les matières employées pour la confection de ces artifices font partie des approvisionnements ordinaires, excepté celles qui sont nécessaires pour produire les feux colorés; mais celles-ci entrent dans la composition des artifices en petite quantité, et se trouvent dans la moindre ville. Il serait d'ailleurs peu embarrassant de les emporter, si on faisait usage en France des feux colorés comme en Angleterre, ou si, exceptionnellement, on voulait les employer, on trouverait sans peine les substances nécessaires.

On peut donc dire qu'on aura toujours sous la main les matières nécessaires à la confection des fusées et de leurs garnitures.

L'outillage est très-simple, peu coûteux, peu embarrassant, et sauf les baguettes à charger il pourrait être promptement confectionné partout.

La confection de ces artifices est très-rapide, car en dix heures neuf hommes confectionnent environ :

300 cartouches	de	34 mill.
400	—	27
500	—	20

Quatre hommes roulent :

300 chapiteaux	de	34 mill.
400	—	27
500	—	20

Cinq hommes chargent :

100 fusées	de	34 mill.
120	—	27
150	—	20

Huit hommes amorcent :

1,000 fusées de tout calibre.

Deux hommes équipent de leurs baguettes (1) :

140 fusées de	34 mill.	
190	—	27
260	—	20

Données desquelles il résulte qu'un atelier de quinze hommes, en dix heures, pourrait produire moyennement environ :

150	fusées de	34 mill.	sans pots de garniture.	
200	—	27	—	
250	—	20	—	

Si la composition n'était pas triturée, l'atelier devrait être augmenté de quatre hommes.

Les fusées avec pots garnis d'artifices demandent un atelier un peu plus nombreux et constant, quels que soient les artifices de garnitures, quand ils sont préparés d'avance.

Il faut alors aux données précédentes ajouter les suivantes relatives à une journée de dix heures de travail.

Trois hommes confectionnent :

300	pots de fusées de	34 mill.
400	—	22
500	—	20

(1) Ces données sont relatives aux fusées équipées de leurs baguettes en les fixant avec du fil de fer; quand on emploie de la ficelle, les résultats sont réduits à moitié environ, car dans ce dernier cas, on équipe seulement 70 fusées de 34 millimètres, 95 de 27, et 130 de 20.

Sept hommes fixent :

600 à 700 pots de tout calibre.

Six hommes garnissent :

500 à 600 pots de tout calibre, et y fixent les chapiteaux.

D'après ces données, cinq hommes ajoutés à l'atelier précédent, ou vingt hommes suffiraient pour confectionner en dix heures :

150 fusées	de 34 mill.	avec pots de garniture.
200	—	27	—
250	—	20	—

On a supposé que les artifices de garnitures étaient confectionnés d'avance ; s'ils ne l'étaient pas il faudrait ajouter à l'atelier précédent ceux relatifs aux artifices qu'on emploierait.

Ces ateliers, composés de quelques hommes seulement, peuvent respectivement produire, en dix heures, des centaines et même des milliers d'artifices de garnitures. Ce ne sera donc pas leur confection qui pourrait ralentir celle des fusées, s'ils pouvaient tous être employés immédiatement.

Mais il n'en est pas ainsi. Les uns peuvent servir à garnir les pots aussitôt qu'ils sont confectionnés, tels sont les serpenteaux, les marrons ; les autres ont besoin, avant d'être employés, d'être complétement

desséchés, ce qui demande un temps plus ou moins long, selon l'état de l'atmosphère. Tels sont les artifices faits avec des pâtes, comme les étoiles cubiques et moulées, la pluie d'or, etc.

Aussi, dans les cas où on serait pressé, serait-il préférable de se servir de ceux de la première espèce, à moins d'avoir les moyens de faire sécher ceux de la seconde très-promptement par la chaleur, la vapeur, ou un autre moyen artificiel.

Les fusées avec pots de garniture se conservent très-bien dans les magasins, et pendant les transports lorsqu'on prend les précautions nécessaires prescrites par les règlements.

Leur petit volume les rend peu embarrassantes pour l'emmagasinement et les transports.

Le prix des fusées est peu élevé, avantage précieux qui permet d'en faire un usage fréquent. Ce prix, variable avec le numéro de la fusée et la garniture du pot, a été établi par unité ainsi qu'il suit, d'après les confections faites à l'école de pyrotechnie.

FUSÉES DE	34 MILL.	27 MILL.	20 MILL.
	f. c.	f. c.	f. c.
Avec pot garni de serpenteaux.	2,02	1,43	0,80
— de pluie d'or.	1,82	1,16	0,64
— de pluie de feu.	1,55	1,03	0,61
— d'étoiles détonnantes. . .	1,61	1,07	0,60
— d'étoiles cubiques	1,63	1,08	0,68
— de feux de couleur (prix m.)	2,88	1,93	1,23

Le moyen d'employer les fusées est très-simple; il suffit, comme on l'a déjà vu, de les soutenir verticalement, la baguette en bas, de manière qu'elles aient la liberté de s'élever et de mettre le feu au brin d'étoupille qui sert d'amorce.

Les expériences de Robins, en 1750, ont prouvé qu'une fusée de 2 pouces 1/2 à 3 pouces 1/2 s'élevait à plus de 2,640 pieds, et pouvait être aperçue à plus de 8 milles d'Allemagne, environ 65 kilomètres. Des expériences plus récentes, faites en Prusse et en Allemagne, ont donné des résultats encore plus favorables.

Entre autres, les journaux danois annonçaient, en 1819, que des fusées de signaux, lancées de l'île de Kielm, furent aperçues à l'aide d'un télescope, à l'Observatoire de Copenhague, éloigné de 30 lieues (120 kilomètres).

Ces avantages des fusées, que nous venons d'énumérer, joints à la possibilité d'obtenir par la combinaison des feux de leurs garnitures une série de signaux très-utiles pour une correspondance télégraphique, comme on fit à Glogau en 1815, rendent ces artifices très-utiles, comme signaux, à la guerre.

Ces signaux, cependant, ont un inconvénient, c'est leur peu de durée, car ils brillent seulement pendant quelques secondes. Aussi on a cherché à obtenir des signaux permanents visibles de très-loin, au moyen de boîtes d'artifices à parachute.

La confection de ces artifices est assez prompte,

mais le prix en est plus élevé que celui des fusées ordinaires ; car une fusée de 34 millimètres, portant une boîte d'artifices de 90 millimètres de diamètre sur 70 mill. de hauteur, contenant environ 300 grammes de composition, et suspendue à un parachute, coûte :

Quand la boîte est garnie de feux blancs,	3 fr.	19 c.
— rouges,	4	50
— verts,	4	57
— bleus,	6	»

En outre, l'emploi de ces artifices laisse encore beaucoup à désirer au point de vue de la certitude des résultats, de sorte que, malgré les services qu'ils pourraient rendre, ils sont encore peu usités. En résumé, les fusées fournissent de bons signaux passagers, mais on n'a pu en produire d'une certaine durée.

Dans l'examen que nous allons faire des artifices éclairants, nous nous conformerons à la division précédemment établie en artifices de position et artifices de projection.

Les matières employées pour la confection des tourteaux goudronnés sont très-communes, de bas prix, et peuvent être trouvées partout.

La confection de ces artifices est facile et prompte, car dix hommes peuvent confectionner complétement au moins 800 tourteaux en dix heures, dans une fabrication continue.

Les tourteaux sont soumis à deux goudronnages, faits à vingt-quatre heures d'intervalle, de sorte

qu'ils ne peuvent être livrés, pour être employés, que trente ou quarante heures après le commencement du travail.

Ces artifices se conservent parfaitement dans les magasins et pendant les transports.

Le tourteau coûte 0 f. 70 c.
— brûle pendant 1/2 h. ou 1 h., selon l'état de l'atmosphère.
— coûte par heure 1 f. 40 ou 0 f. 70 c., —

Cette dépense est doublée quand on emploie les tourteaux, parce qu'on les place par couples dans les réchauds.

La lumière qu'ils produisent est rougeâtre, peu intense, éclaire peu et à une petite distance. On recommande, dans le cours d'artifices, de placer les réchauds à 80 mètres de distance pour éclairer un passage, un défilé, etc. Quand le passage n'offre aucun danger, on peut se conformer à cette prescription; mais pour le passage d'un pont ou d'un chemin dangereux, il serait prudent de réduire la distance à moitié environ.

Les fascines goudronnées peuvent aussi être confectionnées partout; car les matières dont elles se composent sont très-communes.

Leur confection est moins rapide que celle des tourteaux, car douze hommes peuvent en faire seulement cent en dix heures.

Elles subissent, comme les tourteaux, deux goudronnages, aussi à vingt-quatre heures d'intervalle,

et de plus, il faut les amorcer avec de la roche à feu; de sorte qu'on ne peut les employer que quarante heures environ après le commencement du travail.

Elles sont faciles à emmagasiner, à conserver et à transporter, ce qu'on évite cependant en général.

Une fascine coûte		1 f. 18 c.
—	brûle pendant	0 h. 30'.
—	coûte par heure de combustion	2 f. 36 c.

Pour en faire usage, on les enfile verticalement sur des réchauds, sur des piquets fichés en terre ou bien on les couche simplement sur le sol.

On espace les réchauds de		20 mèt.
—	piquets de	15
—	fascines à terre de	10

Mais pour éclairer un passage dangereux, il faudrait les rapprocher davantage. On voit ainsi que cet artifice, dont le prix par heure est presque le double de celui d'un tourteau, éclaire à une distance beaucoup moindre. On doit donc éviter d'en faire usage pour éclairer, à moins d'urgence ou de circonstances exceptionnelles.

Les flambeaux sont faits avec des matières faciles à trouver partout; leur confection exige des précautions, et est assez longue à cause de l'enduit extérieur dont on les recouvre; car cette dernière opération ne peut se faire que vingt heures environ après la fabrication du flambeau.

La confection cependant va très-vite, car lorsqu'elle est continue, trois hommes peuvent faire en dix heures environ quarante flambeaux.

Les flambeaux se conservent et se transportent facilement. Leur poids est faible (1 k. 850), et leur volume aussi.

Un flambeau coûte		1 f. 70 c.	
—	brûle en	2 h. 0' au repos, et en	1 h. 0' en marche:
—	coûte par h. de comb.	0 f. 85 c. —	1 f. 70 c. —

Il faut placer les flambeaux à vingt mètres de distance pour obtenir un éclairage suffisant pour éclairer un passage, etc., ce qui montre combien est faible leur pouvoir éclairant.

Le baril à éclairer est composé avec des matières communes et faciles à se procurer, il est vrai; mais la confection de cet artifice est longue et difficile. Son volume et son poids sont embarrassants pour l'emmagasinement et le transport, car il pèse moyennement soixante-quinze kilogrammes.

Le baril à éclairer coûte		30 f. sans la main-d'œuvre.
—	brûle en	1 h. ou 1 h. 1/2.
—	coûte par heure	30 f. ou 20 f.

Le baril en brûlant produit beaucoup de fumée, une flamme fuligineuse, brûle longtemps avant de produire une clarté convenable, quelquefois même il ne produit que de la fumée.

En résumé, c'est un artifice dispendieux, peu sûr, et qui serait peut-être avantageusement remplacé par une simple balle à feu, ou par un baril simplement rempli de composition de lance à feu française, et percé de plusieurs ouvertures auxquelles on communiquerait le feu.

L'emploi du baril, comme celui des artifices que nous proposons pour le remplacer, est simple et facile: il suffit de laisser rouler l'artifice du haut au bas de la brèche qu'il est destiné à éclairer, ou de le descendre avec une corde dans le fossé pour éclairer ce dernier lorsque l'ennemi débouche par l'ouverture pratiquée à la contrescarpe.

Les plus simples des artifices éclairants de projection, les flèches ardentes, se confectionnaient avec des matières communes; leur confection était simple, car elle consistait à envelopper la hampe, un peu en arrière du fer, avec de la composition, de manière à former un bourrelet ovoïdal plus ou moins gros, selon la flèche destinée à le transporter.

La conservation, en magasin, des flèches ardentes, leur transport, ne devaient offrir aucune difficulté.

Le prix, dont il n'est fait mention nulle part, devait être peu élevé.

La petite quantité de matière éclairante dont les flèches étaient chargées, devait donner un éclairage d'une courte durée. En outre, les compositions décrites par les anciens auteurs devaient, par leur nature, produire une lumière peu intense et, par conséquent, à

peine capable d'éclairer un cercle d'un faible rayon.

Enfin leur portée, naturellement peu étendue, les rendait seulement utiles quand l'ennemi était très-rapproché du terrain ou des remparts à défendre.

Les flèches étaient aussi lancées avec les anciennes machines balistiques pour obtenir de plus grandes portées. Mais ces portées étaient très-irrégulières, et la justesse laissait beaucoup à désirer, de sorte que ces artifices, ainsi lancés, étaient peu efficaces.

Les boulets ardents, à noyau en fer ou en bois, enveloppés d'une composition éclairante dans laquelle entraient seulement des matières communes et faciles à trouver, étaient d'une confection simple, facile et prompte; mais il fallait attendre pour les employer que la composition fût arrivée au degré de dessication nécessaire pour brûler, ce qui nécessitait un approvisionnement d'avance, ou du moins de prévoir les circonstances dans lesquelles on en aurait besoin.

On aurait pu éviter cet inconvénient, grave à la guerre, où l'imprévu domine, en employant des compositions sèches pour confectionner ces artifices; mais la difficulté de fixer le boulet au centre de la balle aurait fait tomber dans un autre inconvénient.

Ces artifices étaient d'un prix peu élevé, faciles à conserver et à transporter.

La lumière qu'ils produisaient était peu brillante et produisait peu d'effet; de plus, la petite quantité de matière éclairante dont ils étaient composés ne produisait qu'une flamme de peu de durée.

Ces artifices, lancés avec le canon, devaient avoir une assez grande justesse, mais des portées inégales, à cause des différences de densité et de diamètre qu'ils devaient nécessairement présenter.

Les balles à feu, balles ardentes ou éclairantes, ont été faites généralement jusqu'ici avec des compositions fondues, malgré les tentatives faites depuis longtemps pour leur substituer des compositions sèches.

Les ingrédients qui entrent dans ces compositions, quoique nombreux, sont simples, peu coûteux et faciles à trouver; mais la préparation est dangereuse à cause de la poudre en grains qui entre dans presque toutes en assez grande quantité.

La confection des balles à feu est longue et difficile à cause du soin nécessaire pour préparer la composition fondue et ficeler, opérations qui exigent des artificiers habiles et prudents.

Ces balles ne peuvent être employées que lorsque la composition est devenue assez sèche pour brûler; ce qui demande des semaines et même des mois entiers. Cet inconvénient grave nécessite des approvisionnements de précaution. Heureusement que ces artifices peuvent être longtemps conservés et sont faciles à transporter.

Ces balles à feu pesaient de	15 à 50 kil.
La durée de leur combustion était de	0 h. 15′ à 0 h. 20′.
La charge du tir variait de	1/40 à 1/25, selon la portée.
La portée variait de	350 à 600 mèt., selon la charge.

Mais les différences de densité et de diamètre modifiaient beaucoup les résultats du tir, malgré les précautions prises pour obtenir des effets constants, ou du moins peu variables.

Il arrivait quelquefois que les balles en composition fondue, se fendaient, soit par le choc de la charge, soit par la chute au point d'arrivée; alors le feu atteignait le projectile qui produisait l'explosion de la balle.

D'autres fois, les fusées de ces balles ne prenaient pas feu au départ, ou s'éteignaient avant que la composition fût allumée.

A ces inconvénients, il faut ajouter celui de donner une lumière rougeâtre, peu puissante, à cause des matières végétales mélangées avec la composition.

Enfin, si les balles tombent en avant du terrain à éclairer, dans un fossé, elles ne produisent presque aucun effet.

En résumé, les balles à feu faites avec des compositions fondues, sont des artifices éclairants dans lesquels il est prudent d'avoir peu de confiance.

Les balles faites avec des compositions sèches ont sur les précédentes quelques avantages.

Les matières avec lesquelles on fait ces compositions, sont celles qui servent à faire la poudre, plus l'antimoine, qu'on pourrait remplacer par une addition de soufre.

La préparation de la composition est beaucoup plus simple, plus prompte, et n'offre aucun danger.

La confection de la balle est plus facile qu'avec les compositions fondues.

Les balles à composition sèche peuvent être employées presque aussitôt qu'elles sont confectionnées ou quelques jours après.

Elles produisent, par la suppression des matières végétales, une lumière blanche et très-intense.

Mais elles ont, comme les précédentes, les défauts communs à tous les projectiles éclairants.

Elles ont, pour une charge donnée de la bouche à feu, des portées irrégulières, peu de justesse, et produisent des effets éclairants très-incertains à cause des nombreuses causes qui peuvent les modifier ou les neutraliser.

Elles peuvent aussi ne pas s'allumer comme les précédentes, mais elles ont l'avantage de ne pas se fendre au départ et à l'arrivée, moins facilement du moins, et de diminuer ainsi les causes d'explosions prématurées.

Enfin elles sont d'un prix plus élevé que celles à compositions fondues.

La confection des nouvelles balles à feu françaises en composition sèche, est prompte, car d'après les données de l'école de pyrotechnie, un atelier composé de quatre hommes peut en :

5 h. 40′	confectionner une balle de	22 c.
6 h. 00′	—	27
6 h. 40′	—	32

quand la composition est préparée; si elle ne l'était pas, il faudrait quelques heures pour la préparer, ce qui n'allongerait pas sensiblement les temps précédemment donnés, parce que cette opération se ferait par un atelier spécial de quatre hommes pendant les opérations qui précèdent le chargement du sac.

Il y a trois numéros de balles, celle de vingt-deux centimètres, de vingt-sept et de trente-deux.

On a trouvé que :

Pour les calibres de	22 c.	27 c.	32 c.
Le poids d'une balle est	13 k. 11	25 k. 20	40 k. 06
Le prix à l'école de pyrotechnie	23 f. 88 c.	24 f. 92 c.	51 f. 80 c.
Le prix par heure de combustion	178 f. 88	231 f. 60	342 f. 60
La charge de la bouche à feu en poids de la balle.	1/35	1/35	1/40
La portée moyenne	500 m.	600 m.	625 m.

D'après cela, le prix par heure de combustion de ces balles à feu est très-élevé, d'une manière absolue; il l'est aussi relativement à la puissance éclairante.

Cependant elle n'a pas été mesurée, malgré l'utilité qu'on en pourrait retirer pour faire un emploi avantageux de ces balles à feu à la guerre.

Il est à regretter qu'on n'ait pas fait des expériences photométriques pour déterminer le cercle lumineux produit par chaque artifice, dans lequel on pourrait distinguer des hommes en mouvement et en repos à différentes distances.

Ce seraient des données très-utiles p

ployer utilement les artifices éclairants à la guerre, et pour les classer en raison composée des cercles éclairés et des prix de revient.

Les étrangers paraissent plus avancés que nous sous ce rapport, car des expériences photométriques faites en Prusse pour déterminer la puissance éclairante des balles à feu prussiennes, composées de salpêtre, soufre et charbon, ont donné les résultats suivants (1) :

Une balle de	5 pouc.	1/2 éclaire à	700 pas un cercle de	20 pas	de diamètre.
—	6	36	—	40	—
—	10	68	—	76	—
—	5	1/2	300	30	—
—	6	36	—	50	—
—	10	68	—	100	—

L'observateur, placé aux distances ci-dessus, distinguait les hommes en mouvement dans les cercles éclairés dont nous avons donné les diamètres pour les balles à feu de diverses grosseurs.

Quand les hommes étaient immobiles, il les distinguait très-difficilement.

Enfin, quand la balle à feu était entre l'observateur et les hommes à reconnaître, il devenait extrêmement difficile de distinguer ces derniers.

Ces résultats montrent que le pouvoir éclairant des balles à feu prussiennes, qui passent pour être

(1) *Application de la chimie aux artifices de guerre*, par Moritz-Meyer.

très-bonnes, est très-faible, même à de médiocres distances.

D'après des expériences faites en Autriche, à Vienne, en 1827, une balle de 60 ou du calibre de $0^{m},296$ permettait à un spectateur, placé à 600 mètres de distance, de distinguer des travailleurs placés sur l'épaulement d'une batterie et des troupes immobiles dans un rayon de 100 mètres autour du foyer lumineux. Ce résultat remarquable atteste la supériorité des balles autrichiennes sur toutes les autres.

Une balle de 30 ou du calibre, de $0^{m},235$ produirait seulement moitié des effets précédents.

Les balles de 60 brûlent $0^{h},9'$, comme les balles françaises en composition sèche.

Les balles autrichiennes, faites avec du salpêtre, du soufre, du charbon et de l'antimoine, produisent une belle flamme blanche. Il semblerait donc naturel que la nouvelle composition française, analogue à celle de l'Autriche, dut produire des effets lumineux peu différents de ceux que nous avons énoncés. Cependant les résultats obtenus sont loin d'être aussi avantageux.

Les carcasses ne diffèrent des balles à feu que par une enveloppe en fer destinée à empêcher la rupture de la balle. Cette modification n'ayant pas produit les résultats attendus, et ces artifices n'étant plus en usage, nous ne nous y arrêterons pas davantage.

Ce que nous avons dit sur les balles à feu suffira pour établir un jugement sur la valeur des carcasses.

Les matières employées pour confectionner les artifices éclairants à parachute sont les mêmes que celles employées pour les balles à feu et les fusées volantes, à quoi il faut ajouter la toile ou taffetas nécessaire pour le parachute.

Si les matières premières sont faciles à se procurer, la confection de ces artifices est minutieuse, et ils sont loin d'avoir atteint le degré de perfection nécessaire pour être d'un emploi certain. Il arrive souvent que le parachute ne se déploie pas, que les cordons-supports s'embrouillent et gênent son déploiement, etc.

Les dispositions essayées pour obtenir des artifices à parachute sont peu connues, quoiqu'en Angleterre et en Danemarck on ait fait de ces artifices d'un poids considérable.

Il paraît qu'on employait, en Angleterre, pour faire le parachute, du taffetas ciré, qui a l'avantage d'offrir à l'air une grande résistance à cause de son imperméabilité. Mais il arrivait assez souvent que les plis du parachute se collaient entre eux et empêchaient le déploiement, inconvénient très-grave pour un pareil artifice.

En France, on n'a pas songé à employer des artifices éclairants à parachute, malgré l'exemple des étrangers.

On pourrait cependant, dans quelques circonstances, obtenir des résultats remarquables, car :

D'après des observations faites en Angleterre,

en 1823, sur les balles à feu à parachute proposées par Congrève, le rayon de la sphère lumineuse était de 1,500 pieds.

En Autriche, on aperçut, avec de bonnes lunettes, des balles à parachute à une distance de 28 milles allemands (177^{k},792, 44 lieues).

En Danemarck, on voyait les balles à parachute à 18 milles allemands (134^{k},344, plus de 33 lieues).

Ces artifices éclairants pourraient donner d'excellents résultats quand l'air est tranquille, car le terrain, quelle que soit sa forme, ne pouvant neutraliser leurs effets, serait toujours parfaitement éclairé. Ils sont en outre hors de l'atteinte des projectiles ennemis.

Mais quand il fait du vent, la balle et son parachute peuvent être emportés loin du terrain à éclairer, et alors son effet est nul. C'est là le principal défaut des artifices à parachute qu'il est difficile d'éviter, et qui restreindra toujours leur emploi, en supposant qu'on arrive à surmonter les difficultés inhérentes à leur confection et à leur emploi.

En résumé, les artifices éclairants en usage ont des pouvoirs éclairants assez faibles; leur emploi donne des résultats variables et incertains, tout, en un mot, atteste l'état d'enfance dans lequel est restée cette branche importante de la pyrotechnie militaire.



DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

Considérations générales sur les lumières artificielles et la lumière électrique.

Les questions relatives aux artifices éclairants présentent deux faces bien distinctes quoique corrélatives, savoir : la production de la lumière, et son application à l'éclairage militaire. En décomposant le problème en ces deux termes, qu'on peut étudier et résoudre isolément, le travail devient plus simple et plus facile, c'est la marche que nous allons suivre.

La lumière la plus convenable pour les besoins de la guerre, sera évidemment celle qui sera la plus intense, la moins influencée par les variations atmosphériques : la plus simple à produire, la plus économique, et la plus simple à employer.

Chercher à produire une lumière douée de ces propriétés, est évidemment résoudre un problème très-complexe, dont la solution exige la connaissance

de la nature de lumière, des conditions nécessaires à sa production, des causes qui modifient son intensité et sa couleur, etc.

Lorsque les sciences physiques et chimiques n'étaient pas assez avancées pour analyser, discuter, expliquer ces phénomènes et établir ainsi sur des bases solides les données indispensables à la solution du problème qui nous occupe, la production des artifices éclairants était abandonnée entièrement, soit à des essais empiriques, soit à des pratiques traditionnelles, et il n'en pouvait être autrement.

Mais depuis les magnifiques travaux de Davy et des physiciens qui ont suivi la voie que son génie avait tracée, c'est-à-dire depuis le commencement du XIXe siècle, on n'est plus réduit à s'abandonner au hasard : on peut, au contraire, se guider d'après certains principes généralement admis aujourd'hui comme incontestables, dont les plus essentiels peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

La flamme est le résultat de la combustion d'un gaz à une très-haute température.

La flamme produite par la combustion des gaz purs est légère et très-mobile, telle est, par exemple, celle qui résulte de la combustion de l'hydrogène dans l'air.

La fixité et l'éclat de la flamme produite par la combustion des gaz, sont le résultat de la présence, au milieu du foyer lumineux, de matières solides et fixes en quantité convenable ; c'est ce qui se produit dans la

combustion des carbures d'hydrogène, où une partie du charbon solide augmente, par son ignition et sa combustion, l'intensité et l'éclat de la flamme. Des phénomènes analogues se manifestent lors de la combustion, dans l'oxygène, du phosphore qui dépose de l'acide phosphorique, et du zinc qui produit de l'oxyde de zinc; la combustion du potassium dans le chlore présente aussi les mêmes effets par la présence du chlorure de potassium, etc,

Il n'est pas nécessaire que la matière solide fixe déposée au centre du foyer lumineux soit produite par la combustion des gaz, comme dans le cas précédent. Une simple substance sur laquelle les gaz n'exercent aucune action chimique, qu'on placerait ainsi, suffirait généralement pour donner à la flamme une grande intensité. Les substances employées pour produire cet effet doivent être très-poreuses ou divisées en parties très-tenues. Des boules d'alumine, de chaux ou des substances très-divisées, comme l'oxyde de zinc, l'amiante, etc., placées ou jetées au milieu des flammes des gaz, en augmentent considérablement l'éclat.

Les quantités de matières solides ainsi employées pour augmenter l'intensité d'une flamme, ne sont pas arbitraires; trop grandes, elles diminuent et même éteignent la lumière; trop faibles, elles produisent peu d'effet. Pour produire un effet utile, cette quantité doit être en rapport avec le volume de la flamme et sa température.

La couleur des flammes provient de la combustion des molécules de certains sels transportés dans le foyer lumineux par le courant des gaz inflammables. Ainsi les sels de soude colorent les flammes en jaune, ceux de potasse, en violet pâle, ceux de chaux, en rouge brique, ceux de strontiane, en cramoisi, ceux de lithine, en rouge, ceux de baryte, en vert pâle, ceux de cuivre, en vert ou bleu verdâtre.

Les chlorures, étant très-volatils, se mêlent rapidement aux gaz inflammables, et doivént, par conséquent, être préférés.

Ces effets de couleur paraissent être produits par la mise en liberté des bases salines, et à leur incandescence.

En résumé, les corps combustibles, en se combinant avec l'oxygène ou un autre principe comburant, produisent des flammes et de la lumière suivant le degré de température auquel s'opère cette combustion. Il y a flamme toutes les fois que les corps dégagent, à de hautes températures, au moins 500°, des gaz combustibles, et l'intensité ou la couleur est due à la production des matières solides transportées au foyer par les gaz combustibles, ou à la présence antérieure de ces substances au sein du jet lumineux.

Ainsi, dans la composition des artifices éclairants, il faut se proposer de produire, par les combinaisons chimiques des éléments :

1° Des gaz combustibles pour obtenir de la flamme;

2° Une chaleur suffisante pour la rendre lumineuse ;

3° Des matières solides et transportables par les gaz, pour donner à la flamme de l'intensité et de la fixité ;

4° Des matières solides et divisées transportables par les gaz, pour colorer la flamme.

C'est en quoi se résume la théorie générale de la préparation des artifices éclairants, quelle que soit la lumière qu'on veuille obtenir.

Au lieu de recourir à la théorie pour composer un artifice éclairant capable d'un effet déterminé, on pourrait profiter des résultats obtenus dans les arts et l'industrie, en choisissant ce qui pourrait convenir le mieux au but qu'on peut se proposer.

Mais, pour cela, il faudrait posséder une espèce de recueil contenant les procédés de production des diverses lumières, les matières employées, leur intensité, leur couleur, leur puissance éclairante, etc. En l'absence d'un pareil ouvrage, difficile à faire, on est obligé d'agir au hasard ou d'employer des compositions traditionnelles plus ou moins propres à produire les effets voulus, ou, enfin, de recourir à de longs et dispendieux tâtonnements.

Les différences d'intensité des diverses lumières artificielles produites jusqu'ici sont très-considérables, ainsi :

Un bec de gaz de houille est équivalent à six chan-

tielle est équivalent à cinq fois le

Un bec de gaz hydrogène ch
tielle vaut dix becs de gaz de hou

Enfin, un bec de gaz sidéral (2
cent cinquante becs de gaz de ho

L'intensité de la flamme sidéra
comme on le voit, et cependant
de celle de la lumière électrique,
dire, rivaliser avec celle du soleil.

C'est Davy, le célèbre chimiste
premier en évidence le pouvoir l
tricité, en cherchant à prouver qu
chaleur n'étaient que le résultat
des deux électricités. Il employa po
remarquable, qui fait époque dans
tricité, les dispositions suivantes :

Il se servit d'une pile de 2,000
une surface de 124,000 pouces au
ducteurs ou électrodes, formés de
vre, passaient à frottement doux

chons en cuir qui fermaient les extrémités d'un manchon en verre.

L'extrémité de chaque électrode dans l'intérieur du manchon portait un petit cône de charbon bien recuit et éteint dans le mercure pour le rendre meilleur conducteur.

Les sommets des deux cônes étaient placés vis-à-vis l'un de l'autre et amenés presque au contact.

Ces dispositions prises, on mit les conducteurs en communication avec les pôles de la pile en activité. Aussitôt la décharge électrique franchit la petite distance qui séparait les sommets des deux cônes, et au même instant apparut un jet de lumière éblouissant, dont l'éclat était supérieur à celui de toutes les lumières artificielles antérieurement produites, et ne pouvait, comme dit Becquerel, qu'être comparé à celui du soleil. La rétine, en effet, était tellement affectée, que l'on ne pouvait supporter la vue de l'arc voltaïque.

On essaya de reconnaître la distance *maxima* à laquelle ce jet de lumière se produirait : on reconnut qu'on pouvait éloigner les cônes de charbon jusqu'à 0m,10 avec ce puissant appareil.

Il n'est pas nécessaire, heureusement, d'une pile aussi forte que la précédente pour produire des effets lumineux considérables ; c'est un fait démontré par l'expérience.

Le docteur Hare, avec un appareil de 80 couples, auquel il a donné le nom de déflagrateur, a obtenu des effets très-remarquables. Au lieu d'employer deux

delles de six à la livre, ou à neuf bougies de cinq à la livre (1).

Un bec de gaz de houille chargé d'huile essentielle est équivalent à cinq fois le précédent.

Un bec de gaz hydrogène chargé d'huile essentielle vaut dix becs de gaz de houille.

Enfin, un bec de gaz sidéral (2) éclaire autant que *cent cinquante* becs de gaz de houille (3).

L'intensité de la flamme sidérale est très-grande, comme on le voit, et cependant elle n'approche pas de celle de la lumière électrique, qui peut, pour ainsi dire, rivaliser avec celle du soleil.

C'est Davy, le célèbre chimiste anglais, qui mit le premier en évidence le pouvoir lumineux de l'électricité, en cherchant à prouver que la lumière et la chaleur n'étaient que le résultat de la recomposition des deux électricités. Il employa pour cette expérience remarquable, qui fait époque dans l'histoire de l'Électricité, les dispositions suivantes :

Il se servit d'une pile de 2,000 couples, présentant une surface de 124,000 pouces anglais, dont les conducteurs ou électrodes, formés de fortes tiges de cuivre, passaient à frottement doux à travers des bou-

(1) *Chimie* de Dumas.

(2) Le gaz sidéral résulte de la combustion de l'alcool, de l'éther sulfurique, ou du gaz de houille, avec de l'huile essentielle.

(3) Physique de Becquerel.

chons en cuir qui fermaient les extrémités d'un manchon en verre.

L'extrémité de chaque électrode dans l'intérieur du manchon portait un petit cône de charbon bien recuit et éteint dans le mercure pour le rendre meilleur conducteur.

Les sommets des deux cônes étaient placés vis-à-vis l'un de l'autre et amenés presque au contact.

Ces dispositions prises, on mit les conducteurs en communication avec les pôles de la pile en activité. Aussitôt la décharge électrique franchit la petite distance qui séparait les sommets des deux cônes, et au même instant apparut un jet de lumière éblouissant, dont l'éclat était supérieur à celui de toutes les lumières artificielles antérieurement produites, et ne pouvait, comme dit Becquerel, qu'être comparé à celui du soleil. La rétine, en effet, était tellement affectée, que l'on ne pouvait supporter la vue de l'arc voltaïque.

On essaya de reconnaître la distance *maxima* à laquelle ce jet de lumière se produirait : on reconnut qu'on pouvait éloigner les cônes de charbon jusqu'à $0^m,10$ avec ce puissant appareil.

Il n'est pas nécessaire, heureusement, d'une pile aussi forte que la précédente pour produire des effets lumineux considérables ; c'est un fait démontré par l'expérience.

Le docteur Hare, avec un appareil de 80 couples, auquel il a donné le nom de déflagrateur, a obtenu des effets très-remarquables. Au lieu d'employer deux

bles et volatils, plus la lumière produite entre les extrémités rapprochées des conducteurs était vive et brillante.

La couleur de la lumière électrique, comme l'expérience le prouve, dépend de la nature des conducteurs et des milieux dans lesquels jaillit l'étincelle. Ainsi, le fer, l'acier en brûlant produisent une lumière blanche; le zinc, une lumière verdâtre.

Dans l'eau, les huiles fixes et volatiles, l'alcool, l'éther, ou autres liquides mauvais conducteurs, la décharge d'une batterie à larges plaques entre deux cônes de charbon, produit de vives étincelles blanches, le charbon passe au rouge-blanc :

Dans une vapeur légère d'alliage fusible, l'étincelle est jaune-paille;

Dans une vapeur de mercure, elle est verte, et une addition d'air la rend bleu-pourpre.

Dans l'air, l'oxygène, l'acide carbonique, l'azote, l'étincelle est très-blanche et d'autant plus que la densité de ces gaz augmente, ce qui paraît être général et résulter de la résistance présentée au passage de l'électricité ;

Dans l'hydrogène l'étincelle est cramoisie ;

Dans l'oxyde de carbone, vert-rouge ;

Enfin, dans l'essence de thérébentine, l'étincelle est blanche, et son intensité est *quatre fois* ce qu'elle serait dans l'air (1).

(1) Masson, *Etudes sur la photométrie électrique* (compte-rendu de l'Académie des sciences, 20 mai 1850).

D'après cela, l'intensité de la lumière électrique et sa couleur dépendent de la forme et de la nature des conducteurs, de la pression des milieux gazeux traversés par l'étincelle et leur nature.

En résumé, la lumière électrique naît bien de la réunion des deux électricités, mais elle a besoin, pour se manifester à nos yeux avec plus ou moins d'intensité et sous diverses couleurs, de la présence de particules matérielles insaisissables qui produisent ces modifications.

On connaît aujourd'hui les principales causes de ces modifications, de sorte qu'on est maître de les produire dans la lumière électrique comme dans celle qui provient de la combustion des gaz.

L'intensité de la lumière électrique n'est comparable, comme nous l'avons dit, qu'à celle du soleil. Il est difficile d'en donner la mesure absolue, car une multitude de causes la modifient, comme on a pu s'en convaincre d'après ce qui précède. Il faudrait, pour que la connaissance numérique de cette intensité pût être utile, connaître : la tension électrique, la nature des conducteurs ou plutôt des pointes qui les terminent, celle du milieu où l'étincelle se propage, sa densité, etc.

Le docteur Hare a évalué la lumière produite avec son appareil à 1,600 lampes d'Argan. On pourra se faire une idée de cette intensité quand on la comparera à celle du soleil, évaluée, par Wollaston, à environ 5,553 chandelles, et par Bouguer, à 5,774 bou-

gies placées à un pied anglais (0m304), ce qui équivaut à peu près à 20,000 becs d'Argan.

Ces résultats sont très-incertains à cause du peu de progrès de la photométrie et des difficultés qu'on rencontre dans de pareilles expériences. Ils doivent être seulement considérés comme moyens de se faire une idée de l'intensité de la lumière électrique.

Nul ne peut, du reste, prévoir les résultats auxquels on pourrait arriver avec la lumière électrique, car la force des piles et l'intensité des courants magnétiques sont pour ainsi dire indéfinies.

Quelques expériences, malheureusement en petit nombre, constatent l'immense supériorité de la lumière électrique sur toutes les autres produites jusqu'ici. La plus remarquable est celle qui a été faite à Saint-Pétersbourg, où l'on a produit une lumière assez intense pour pouvoir être portée avec une lentille à environ 6 kilomètres, et permettre de lire à cette distance (1).

(1) Nous apprenons qu'on vient de faire, dans le parc de M. Aguado, une expérience avec la lumière électrique produite par une pile assez faible ; la lumière ainsi obtenue a permis de lire à 1 ou 2 kilomètres.

Une autre expérience, faite à Saint-Cloud, devant M. le président de la République, a donné encore des résultats beaucoup plus remarquables. Le faisceau lumineux dirigé sur le Pathéon a éclairé assez pour pouvoir lire. C'est l'expérimentateur, M. Archenau, qui rapporte ce fait remarquable.

Nous sommes heureux de pouvoir citer ces deux expériences faites près de Paris devant de très-nombreux spectateurs, de sorte que les résultats sont incontestables, même pour ceux qui mettraient en doute ceux de Saint-Pétersbourg.

La production de la lumière électrique a lieu sans outillage embarrassant et avec des substances très-communes.

Il suffit d'une pile plus ou moins puissante, c'est-à-dire composée d'un plus ou moins grand nombre de couples voltaïques; de fixer aux conducteurs deux cônes de charbon recuit, et de les rapprocher à une très-petite distance. Alors, si on met la pile en activité avec un peu d'acide, on produira une brillante lumière.

Ainsi rien n'est si facile que de produire la lumière électrique à volonté.

Les matières sont communes, faciles à trouver et peu coûteuses, car elles se réduisent :

Au zinc et au charbon, employés pour former l'élément voltaïque ; au bocal destiné à les contenir ;

Aux fils métalliques partant des pôles et portant à leur extrémité les cônes de charbon recuit entre lesquels doit jaillir l'étincelle ;

Enfin à l'acide nitrique et sulfurique avec lequel on met la pile en activité.

L'intensité de la lumière électrique est considérable, comme on l'a vu précédemment.

La lumière électrique conserve son éclat malgré la pluie, le vent, etc.

Le prix de cette lumière, eu égard à son intensité, doit être peu élevé à cause du bas prix des matières employées pour la produire et de la simplicité de l'appareil.

Les expériences et les calculs de M. Grove rela-

voltaïque, ce physicien a observé qu
valent d'hydrogène recueilli, il se con
valent de zinc, un équivalent d'acide s
équivalent d'acide nitrique. D'après c
compte de l'état hydrique de ces acide
batterie de cinquante couples à acid
huit à lames de platine de huit pouce
face, s'éleveraient environ à 2 fr. 50 c
Des expériences nombreuses et pub
journalières, faites à Paris par M. A
vent qu'une pile de 45 éléments donn
très-vive, dépense environ 1 fr. 10 c
0 fr. 0,25 par élément voltaïque dans l

En résumé, la lumière électrique :

Est produite avec des matières con
des appareils d'une extrême simplicit

Est produite avec une extrême
certitude, quand on veut, et sans de lo

Conserve son éclat malgré la pluie, l

A une intensité de beaucoup supéri
toutes les lumières artificielles connue
d'hui ;

Est très économique d'une manière

ESSAI

SUR LE

MOUVEMENT DES PROJECTILES

DANS LES MILIEUX RÉSISTANTS,

PAR THIROUX,
Chef d'escadron d'artillerie.

CHAPITRE III.

APPLICATION DES FORMULES AUX RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE.

Les premières expériences sérieuses de balistique sont celles que Hutton a faites à l'aide du pendule pour calculer les lois de la résistance de l'air.

Dans ces expériences on a déterminé la vitesse initiale du mobile pour une charge donnée, puis on a tiré sur le pendule balistique avec cette charge, à un certain nombre de distances, en prenant tous les soins possibles pour que les vitesses initiales fussent les mêmes à chaque coup. La vitesse accusée par le pendule pour chaque distance, comparée à la vitesse initiale et à cette même distance, permettait de calculer les lois de la diminution de vitesse produite par la résistance du milieu, suivant l'étendue du trajet.

Mais comme les circonstances du tir ne pouvaient être les mêmes à chaque coup, on tirait un certain nombre de fois à

chaque distance, et on prenait ensuite la moyenne des in-
cations du pendule, tant pour la détermination de la vite
initiale, que pour celle des autres vitesses.

La nécessité de soustraire le pendule à l'action des ga
la poudre oblige à placer le pendule à une distance de 10
15m du canon, et à prendre pour vitesse initiale celle do
née par le pendule pour la distance la plus rapprochée: o
peut ensuite conclure la vitesse du mobile à la sortie de l
bouche du canon, à l'aide des lois observées.

L'incertitude du tir ne permettant pas de tirer à des di
tances très-grandes, on a fait varier les charges. On com
que s'il eût été possible de faire la 2e série d'expériences av
une charge qui donnât une vitesse initiale égale à la pl
petite de celles trouvées à l'aide du pendule, pour la pl
grande distance, on aurait eu à la fin de la 2e série d'exp
riences les lois de la résistance de l'air pour une dista
double; agissant de même pour les 3e, 4e, 5e séries, on pou
rait prolonger le tir pour les plus grandes distances, et déte
miner ainsi les lois de la résistance de l'air dans des limi
très-étendues.

Les expériences de Hutton ont été précisément dirigé
dans ce sens, il y a effectivement entre chaque série d'exp
riences des vitesses identiques, ou à peu près identiq

Nous allons appliquer la formule (l) $v_0 = \frac{1}{\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{\sqrt{V\cos.\alpha}}\right)^2}$

aux expériences de Hutton. Ici le tir étant sensiblement horizontal on a : $a = 1$ $\cos.\ \alpha = 1$, et la formule (l) se réduit à

$$\frac{1}{\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^2} = v_0.$$

Nous allons d'abord nous occuper du tir du boulet de 3. Dans les expériences dont il s'agit, la vitesse du boulet de 3 étant de 1730 pieds anglais à 30 pieds du pendule, s'est réduite à 1682 pieds à 80 pieds, c'est-à-dire après un trajet de 50 pieds, on a ainsi : $v_0 = 1682$, $x = 50$, $V = 1730$.

On a pour calculer n, $1682 = \frac{1}{\left(\frac{1}{2}n \times 50 + \frac{1}{\sqrt{1739}}\right)^2}$

d'où l'on tire $\log.\frac{1}{2}n = \bar{6}.833377$.

Nous allons donner ici le tableau des résultats observés et de ceux calculés, toutes les mesures sont celles employées par Hutton, c'est-à-dire le pied et la livre anglais.

DISTANCES		CHARGES DE POUDRE.									
		24 ONCES, VITESSES		16 ONCES, VITESSES		12 ONCES, VITESSES		8 ONCES, VITESSES		4 ONCES, VITESSES	
DU CANON AU PENDULE BALISTIQUE.	EN PRENANT POUR VITESSE INITIALE CELLE A 30 PIEDS.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.
30 PIEDS.	0	1730	1730	1555	1555	1290	1290	1060	1060	680	680
80	50	1682	1682	1514	1514	1259	1259	1036	1036.9	669	668.1
130	100	1636	1636	1474	1474.7	1229	1229.1	1012	1014.5	659	656.5
180	150	1592	1591.8	1436	1436.8	1200	1200.3	989	992.8	649	645.2
230	200	1550	1549.4	1399	1400.4	1172	1172.4	966	971.8	640	634.1
280	250	1510	1508.7	1364	1365.4	1145	1145.5	944	951.6		
330	300	1471	1469.5	1330	1331.7	1119	1119.6	922	931.8		

Les boulets avaient 3 pouces 78 de diamètre et pesaient 2 livres 15 onces avoir du poids.

Dans les trois premières colonnes la coïncidence entre les résultats observés et ceux calculés est vraiment remarquable; dans la 4e les vitesses calculées sont plus grandes que celles observées, tandis que le contraire a lieu dans la 5e. Il est à croire que l'élasticité du bois du pendule a pu contribuer à augmenter l'amplitude de l'arc décrit.

La formule $v_0 = \frac{1}{\left(\frac{1}{2}nx + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^2}$ peut servir à relier entre elles les expériences précédentes. Ainsi la vitesse restante étant de 1469.5 à 300 pieds, on peut chercher à quelle distance cette vitesse serait égale à 1474 pieds, répondant à 100 pieds dans la 2e colonne, on a : $1469.5 = \frac{1}{\left(\frac{1}{2}nx + \frac{1}{\sqrt{1474}}\right)^2}$, d'où l'on tire $x = 5$ pieds 85, en sorte que la vitesse de 1474 répond à 294 pieds 15, soit 294; or, 1474 pieds répond à 100 pieds dans la 2e colonne, la vitesse à 494 pieds deviendra donc 1331.2 au lieu de 1330 que donne le tableau.

Pour relier la 2e à la 3e colonne, nous poserons $1290 = \frac{1}{\left(\frac{1}{2}nx + \frac{1}{\sqrt{1331.2}}\right)^2}$, d'où nous tirerons $x = 63$ pieds 72, en sorte que la vitesse de 1290 pieds répondrait à $494.15 + 63.72 = 557$ pieds 87, soit 558 pieds. A 858 pieds, on aurait $v_0 = 1119.5$ qui est la valeur presque exacte de la vitesse.

Passons maintenant à la 4e colonne; on aura comme tout à l'heure $1060 = \frac{1}{\left(\frac{1}{2}nx + \frac{1}{\sqrt{1119.5}}\right)^2}$, d'où l'on tire $x =$

121.5, en sorte que cette vitesse répond à la distance de 97 pieds 50 à 1299 pieds 50; on a : $v_0 = 931$ pieds 8 au lieu de 922.

Pour arriver à la 5e colonne on pose :

$$680 = \frac{1}{\left(\frac{1}{2}nx + \frac{1}{\sqrt{931.8}}\right)^2}$$, on en tire $x = 820$ pieds 2 en sorte que la vitesse de 680 pieds répond à la distance de 2099.7 soit 2100 pieds à 2300 pieds. on a : $v_0 = 631$ pieds.

Passons maintenant au boulet de 6.

DISTANCES		CHARGES DE POUDRE.							
		3 LIVRES, VITESSES		2 LIVRES, VITESSES		1 LIVRE $\frac{1}{2}$, VITESSES		1 LIVRE, VITESSES	
AU PENDULE BALISTIQUE.	EN PRENANT POUR VITESSE INITIALE CELLE A 30 PIEDS.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.	OBSERVÉES.	CALCULÉES.
30 P.	0	1813	1813	1676	1676	1506	1506	1306	1306
115	85	1748	1748	1618	1618.2	1454	1456.6	1259	1266.[illegible]
200	170	1686	1686.4	1562	1563.3	1404	1409.8	1214	1228
285	255	1627	1628.1	1508	1511.2	1356	1365	1171	1191.6

On a pour trouver la valeur de n :

$$1748 = \frac{1}{\left(\frac{1}{2}n \times 85 + \frac{1}{\sqrt{1813}}\right)^2}$$, d'où l'on tire $\log. \frac{1}{2}n = \bar{6}.706766$.

D'après le traité balistique du commandant Didion, il résulte des expériences de Metz que les vitesses restantes d'un boulet de 179 millim. 97, environ 18 cent. de diamètre, du poids de 21 kil. 378 à peu près, animé d'une vitesse initiale de 500 mét. sont :

Respectivement de	360 mèt.	276	212	169
Aux distances de	500 mèt.	1000	1500	2000

Le coefficient n a pour valeur : 0.000031933 et l'on trouve successivement 360 mèt. 271 210.06 170.19.

Coïncidence aussi parfaite que possible.

Nous allons maintenant appliquer la formule au tir des armes à feu portatives et particulièrement aux dernières expériences faites à Vincennes par suite de l'adoption de la balle de 16^{m} 7, et de la charge de 9 gr. de poudre pour le fusil.

L'équation de la trajectoire est :

$$y = x\,tang.\,\alpha + \frac{2gx}{5\,na(V\,cos.\,\alpha)^{\frac{5}{2}}} - \frac{2g}{15n^2a^2}\left[\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{\sqrt{V cos.\alpha}}\right)^6 - \frac{1}{V^3\,cos.^3}\right]$$

Comme le tir a lieu sous de petits angles, on a $cos.\,\alpha = 1$ et $a = 1$.

La vitesse initiale de la balle est de 450^{m} environ en nombre rond ; α est égal à 11′ 37″ et $tang.\,\alpha$ à 0.00332 ; $n =$ 0.0002192, $g = 9^{m}\,81$.

Les formules qui donnent la vitesse restante aux diverses distances et celles qui donnent la durée du mouvement peuvent se calculer très-facilement et avec les éléments mêmes qui servent à déterminer la valeur de y.

Si de plus on remarque que :

$$x\,tang.\,\alpha + \frac{2\,gx}{5\,na\,(V\,cos.\,^2)^{\frac{5}{4}}} \text{ et } \frac{nax}{2}$$

avrient proportionnellement à la distance, et qu'une fois leur valeur calculée pour 100^m, par exemple, on la trouve de suite pour les autres distances par un calcul très-simple, on en conclura que l'équation (g) permet, en disposant les données avec ordre, de calculer, sans beaucoup de peine, les ordonnées de la trajectoire pour une série de distances données, et de trouver en même temps les vitesses restantes et les durées du mouvement.

Tir à 100 mètres, calculs préliminaires.

$$x = 100 \text{ mètres} \qquad \log. 2gx = 3.292699$$

$$x \tang. \alpha = 0.332 \qquad \log. 5nV^{\frac{5}{2}} = 3.672343$$

$$+\frac{2gx}{5nV^{\frac{5}{2}}} = 0.4172 \qquad \log. \frac{2gx}{5nV^{\frac{5}{2}}} = \bar{1}.620356$$

$$\tang. \alpha + \frac{2gx}{5nV^{\frac{5}{2}}} = 0.7492.$$

$$\frac{nx}{2} = 0.01096 \qquad \log. V = 2.653213$$

$$\log. \sqrt{V} = 1.326606$$

$$\frac{1}{\sqrt{V}} = 0.04715 \qquad \log. \frac{1}{\sqrt{V}} = \bar{2}.673394$$

$$\frac{1}{V^3} = 0.000000010974 \qquad \log. \frac{1}{V^3} = \bar{8}.04036[illegible]$$

$$\frac{1}{V^{\frac{3}{2}}} = 0.00010476$$

$$\log. 2g = 1.292699 \qquad \log. 15 = 1.176091$$

$$\log. 15n^2 = \bar{7}.857773 \qquad \log. n^2 = \bar{8}.681682$$

$$\bar{7}.857773$$

$$\log. \frac{2g}{15n^2} = 7.434926$$

$$\log. \frac{2}{3n} = 3.483068.$$

Calcul : $x = 100^m$ abcisse ordonnée :

$$x\ tang.\ \alpha + \frac{2gx}{5nV^{\frac{5}{2}}} = \qquad 0^m.7492$$

$$\frac{nx}{2}\ 0.01096$$

$$+\frac{1}{\sqrt{V}} = 0.04715$$

$$0.05811$$

$$log.\ 0.05811 = \bar{2}.764251$$

$$6$$

$$log.\left(\frac{nx}{2}+\frac{1}{\sqrt{V}}\right)^6 = \bar{8}.585506$$

$$\left(\frac{nx}{2}+\frac{1}{\sqrt{V}}\right)^6 = 0.00000003850$$

$$-\frac{1}{V3} = 0.000000010974$$

$$\left(\frac{nx}{2}+\frac{1}{\sqrt{V}}\right)^6 - \frac{1}{V3} = 0.00000002753$$

$$log.\ didem. = \bar{8}.439806$$

$$log.\ \frac{2g}{15n^2} = 7.434926$$

$$\bar{1}.874732$$

nombre $= 0.7494$

reste $= 0.0002$

Le but en blanc se trouve donc sensiblement à cette distance :

Vitesse restante.

On a $v_0 = \dfrac{1}{\left(\dfrac{nx}{2}+\dfrac{1}{\sqrt{V}}\right)^2}$ calcul :

$$\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}} = 0.05811$$

$$\log.\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^2 = \begin{cases} \bar{2}.764251 \\ 2 \end{cases}$$

$$\bar{3}.528502$$

$$\log.\frac{1}{\left(\frac{\alpha nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^2} = 2.471498 = \log. v_0.$$

$$v_0 = 296 \text{ mètres } 10.$$

Durée du mouvement :

$$t = \frac{2}{3n}\left[\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 - \frac{1}{V^{\frac{3}{2}}}\right] \text{calcul :}$$

$$\bar{2}.764251$$

$$\log.\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 = \frac{3}{\bar{4}.292753}$$

$$\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 = 0.00019622$$

$$-\frac{1}{V^{\frac{3}{2}}} = \frac{0.00010476}{0.00009146}$$

$$\log.\left[\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 - \frac{1}{V^{\frac{3}{2}}}\right] = \bar{5}.961251$$

$$\log.\frac{2}{3n} = 3.483068$$

$$\log. t. = \bar{1}.444299$$

$$t = 0''.2781.$$

Tir à 200 mètres.

Ordonnée de la trajectoire, calcul :

$$x \, tang. \, \alpha + \frac{2gx}{5nV^{\frac{5}{2}}} = \qquad 1.4984$$

$$\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}} = \begin{array}{r} 0.02192 \\ 0.04715 \\ \hline 0.06907 \end{array}$$

$$log. \, (0.06907)^6 = \begin{array}{r} \bar{2}.839289 \\ 6 \\ \hline \bar{7}.035734 \end{array}$$

$$\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^6 = 0.00000012857$$

$$- \frac{1}{V^3} = 0.000000010974$$

$$\overline{0.000000097596}$$

$$log. \left(\left(\frac{nx}{2} = \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^6 - \frac{1}{V^3}\right) = \bar{8}.989431$$

$$log. \, \frac{2g}{15n^2} = \begin{array}{r} 7.434916 \\ \hline 0.424347 \end{array}$$

nombre. — 2.6561

ordonnée. — 1.1577

Au lieu de 1.15.

Vitesse restante.

Calcul :

$$log. \left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^2 = \begin{array}{r} \bar{2}.839289 \\ 2 \\ \hline \bar{3}.678578 \end{array}$$

$$log.\ v^0 = log.\ \frac{1}{\left(\frac{nx}{2} + \sqrt{V}\right)^2} = 2.321442$$

$v_0 =$ 209 mètres 61...

Durée du mouvement.

Calcul :

$$log.\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 = \frac{\overline{2}.839289 \quad 3}{\overline{4}.517867}$$

$$\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 = 0.00032951$$

$$-\frac{1}{V^{\frac{3}{2}}} = \frac{0.00010476}{0.00022475}$$

$$log.\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 - \frac{1}{V^{\frac{3}{2}}} = \overline{4}.351699$$

$$log.\ \frac{2}{3n} = \overline{3}.483068$$

$$log.\ t = \overline{1}.834767$$

$t = 0''.6835.$

Tir à 300 mètres.

Ordonnée de la trajectoire, calcul :

$$x\ tang.\ \alpha + \frac{2gx}{5nV^{\frac{5}{2}}} = \qquad 22^{m}.47$$

0.03288
0.04715

$$\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}} = \quad 0.08003$$

$$log.\ (0.08003)^6 = \bar{2}.903253$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ \hline \bar{7}.419518 \end{array}$$

$$\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^6 = 0.000000262735$$

$$-\frac{1}{V^3} \qquad 10974$$

$$\overline{251761}$$

$$log.\ d'idem, \qquad \bar{7}.400986$$

$$log.\ \frac{2g}{15n^2} = \qquad 7.434926$$

$$\overline{0.835912}$$

nombre — 6.8535
ordonnée — 4.6059

La théorie des points d'impact a donné 4^m 67, qu'on a porté plus tard à 4^m 70. On conçoit que les indications que donne l'expérience pour le tir du fusil à cette distance manquent de précision, c'est-à-dire que si l'on recommençait les expériences, on ne trouverait pas exactement 4^m 70 pour l'ordonnée à 300^m.

Vitesse restante.

Calcul :

$$\bar{2}.903253$$

$$log.\ \left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^2 = \frac{2}{\bar{3}.806506}$$

$$log.\ v_0 = log.\ \frac{1}{\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^2} = 2.193294$$

$$v_0 = 156 \text{ mètres } 13.$$

Durée du mouvement.

Calcul :

$$log. \left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 = \bar{4}.709759$$

$$\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 = 0.0005125$$

$$-\frac{1}{V^{\frac{3}{2}}} = 0.0001048$$

$$4077$$

$$log. \left[\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 - \frac{1}{V^{\frac{3}{2}}}\right] = \bar{4}.610341$$

$$log. \frac{2}{3n} = 3.483068$$

$$log. t = 0.093409$$

nombre $t = 1''.24$.

Tir à 600 mètres.

Calcul, ordonnée :

$$x \, tang. \alpha + \frac{2gx}{5nV^{\frac{5}{2}}} = \qquad 4.4053$$

$$\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}} = \begin{array}{r} 0.06576 \\ 0.04715 \\ \hline 0.11291 \end{array}$$

$$log. (0.11291)^6 = \begin{array}{r} \bar{1}.052732 \\ 6 \\ \hline \bar{6}.316392 \end{array}$$

$$\left(\frac{nx}{2} + \frac{1}{\sqrt{V}}\right)^6 = 0.000002072$$

$$-\frac{1}{V5} = 0.000000010974$$

$$2061026$$

$$log.\ \text{d'idem} = \bar{6}.314078$$

$$log.\ \frac{2g}{15n^2} = 7.434926$$

$$\bar{1}.749004$$

nombre	— 56.1055
ordonnée	— 51.6105

$$tang. = \frac{51.61}{600} = tang.\ 4^\circ.55'.$$

mais on a $\alpha = 11'\ 37''$; on aura donc pour l'angle de tir répondant à une portée de 600m, 5° 6′ 37″, quantité déjà un peu forte puisqu'il est d'expérience qu'on obtient cette portée avec la balle actuelle sous l'angle de 5°, en sorte que nous pensons que les ordonnées obtenues par la théorie des points d'impact sont un peu trop fortes pour les distances de 300 et 400m.

Vitesse restante.

Calcul :

$$log.\ v_0 = log. \frac{1}{\left(\frac{nx}{2} + \sqrt{V}\right)^2} = 1.894536$$

v_0 = 78 mètres 44.....

Durée du mouvement.

$$\log.\left(\frac{nx}{2}+\frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 = \bar{3}.158196$$

$$\left(\frac{nx}{2}+\frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3 = 0.0014394$$

$$\frac{1}{V^{\frac{3}{2}}} = 0.0001048$$

$$0.0013346$$

$$\log.\left[\left(\frac{nx}{2}+\frac{1}{\sqrt{V}}\right)^3-\frac{1}{V^{\frac{3}{2}}}\right] = \bar{3}.125351$$

$$\log.\ \frac{2}{3n} = 3.483068$$

$$\log.\ t = 0.608419$$

$$t = 4''.059.$$

Les formules précédentes s'appliquent parfaitement au mousqueton de gendarmerie, à celui du mousqueton de cavalerie et au fusil de dragon et de voltigeur corse.

Pour comparer notre formule aux résultats que donnent les tables de M. Didion, prenons pour exemple les expériences faites à Metz, en 1846, sur le tir du canon de 16. La plus saillante de ces expériences consiste dans une série de 10 coups tirés à la charge de 1 kil. 333, sous l'angle dont la tangente est 0,02593. Les points d'impact étaient relevés à l'aide des quatre réseaux en ficelle qui permettaient de les déterminer à moins de 1 cent. près. Chaque ordonnée de la trajectoire

conclue était la moyenne de 100 coups. Les points obtenus étaient au nombre de cinq : 1° à la bouche, 2° à deux cents mètres, 3° à quatre cents mètres, 4° à six cents mètres, et 5° à 666m 80.

La vitesse initiale des boulets, mesurée à l'aide du pendule balistique, nous paraît devoir être fort rapprochée de 405m : nous adopterons donc ce chiffre pour appliquer les formules.

Distances : 0, 200m ; 400m ; 600m ; 666m 8.

Ordonnées de la trajectoire déduites des expériences de Metz.

0, 3m 917 ; 4m 305 ; — 0m 003 ; — 2m 759.

Calculées d'après les tables du commandant Didion.

0, 3m 842 ; 4m 317 ; 0m 197 ; — 2m 479.

Id. d'après ma formule.

0 3m 832 ; 4m 305 ; 0m 13 ; — 2m 551.

On voit par l'inspection de ces résultats que les ordonnées obtenues à l'aide de notre formule se rapprochent autant de l'expérience que celles que donnent les tables de M. Didion.

Toutefois nous remarquerons ici que pour le canon, comme pour le fusil, l'on n'obtient par la théorie des points d'impact que des résultats probables, et qu'il pourrait arriver qu'en recommençant les expériences dont il s'agit, avec tous les soins imaginables, on fût conduit pourtant à des résultats différents.

Cherchons maintenant la vitesse restante à 600m. On trouve par ma formule $v = 252^m 7$, tandis que les tables de M. Didion donnent 255m 1. Quant à la durée du trajet, elle est, d'après ma formule, de 1'' 906, résultat conforme à celui que donnent les tables de M. Didion. Les deux trajectoires peuvent donc être considérées comme étant presque identiques dans le trajet de 600m.

Prenons pour second exemple du tir du canon celui de la pièce de 8 de campagne ; soit $V = 470^m$ $tang.\ \alpha = \frac{31}{1818}$

hausse de $\frac{2.040 \times 1.010}{600} =$

A 800^m, on a $y = -13^m 742$, qui (
hausse de 31^{mil} 23; soit 31^{mil}.

A 1000^m, on a $y = -33^m 276$, réponda
60$^{mil} \frac{1}{2}$.

A 1200^m, on trouve $y = -64^m 686$,
98^{mil} de hausse.

Tous ces résultats se rapprochent beaucou

Soit encore pour exemple le tir à ricoc
16. On trouve dans l'*Aide-mémoire* de 184
la bausse répondant à la charge de 503
distance de 500^m, et à une élévation de 10
rieure, au-dessus de la bouche de la pièce, e

La vitesse initiale du boulet, déduite des
page 429, est de 231^m environ.

Nos formules donnent dans ce cas : $tang\,\alpha$
tranchant l'angle d'élévation dont la tange

$$\frac{h + 61^{mil}}{3086^{mil}} = 0.05768 \text{ et } h = 117^{mil}.$$

La tangente de l'angle d'arrivée est dans ce
répondant à 2° 56, soit 3°.

D'après les expériences de Metz, la vitesse
de 16 avec la même charge aurait été de 2

toire. Nous remarquerons qu'une des conditions du tir à ricochet, c'est que le projectile tombe dans l'ouvrage contre lequel il est dirigé ; ce qui oblige à tenir la hausse plutôt un peu forte que trop faible.

Pour terminer ce qui est relatif aux projectiles sphériques, examinons un des tirs les plus lents en usage dans l'artillerie, le tir des bombes à 300m et 350m.

Une bombe lancée dans le vide sous l'angle de 45° avec une vitesse de 57m20 par seconde aurait une portée de 333m 5, et l'angle de chute serait de 45°.

D'après Lombard, la portée d'une bombe de 22 cent. dans l'air serait de 308m et l'angle de chute de 47° 4'.

Ma formule donne dans le même cas et pour $a = 1.22965$ (page 45) une portée de 309m 5 et un angle de chute de 46° 56' environ.

Pour $a = 1$, $x = 315^m$ et l'angle de chute $= 46° 48$.

On remarque dans le tir des bombes à de petites distances, que le point de chute du projectile qui a touché la perche, est à une distance du pied de cette même perche, à peu près égale à la hauteur du point touché. Ce qui semble indiquer que l'angle de chute réel est moins ouvert que ne le suppose la théorie et que la portée est plus grande.

On peut inférer de là, que la loi que nous avons adoptée pour la résistance de l'air, donne des résultats plus rapprochés de l'expérience que les formules de Lombard pour le tir à faible charge et surtout dans l'hypothèse de $a = 1$.

Pour des vitesses initiales de 100 à 108m il y a un accord presque parfait entre notre formule et celle de Lombard, surtout en supposant $a = 1$. Au delà, les portées deviennent d'autant plus courtes, relativement à celles de cet auteur, que les vitesses sont plus grandes, ce qui tient à ce que l'hypothèse de la résistance de l'air, proportionnelle au carré de la vitesse, s'éloi-

que d'autant plus de la vérité que la vitesse initiale est plus grande.

A mesure que les portées augmentent, l'accord qu'elles présentent soit entre elles, soit avec la théorie, devient moins parfait, et ce serait cependant pour les distances extrêmes que la théorie serait fort utile, soit pour éviter des expériences dispendieuses et incertaines, soit pour déterminer les limites des effets qu'une arme peut produire.

Pour le tir aux grandes distances et sous de grands angles, la raréfaction des couches supérieures de l'air détermine évidemment une augmentation de portée.

Pour calculer la trajectoire dans ce cas, il faudrait diviser la courbe en arcs de 3 à 5°, prendre la valeur de y correspondant à chaque point de division et y transporter l'origine, en prenant pour densité celle qu'on trouverait à l'origine de chacun de ces arcs. On conçoit qu'on approchera d'autant plus de la trajectoire réelle, que les points de division se seront plus rapprochés.

Si l'on connaissait la hauteur du baromètre, la température et le degré d'humidité de l'air, il serait facile de calculer la valeur de δ à l'origine de chacun des arcs, mais il n'en est point ainsi, et l'on est obligé dans la pratique de se contenter d'une simple évaluation approximative.

En supposant une colonne atmosphérique de même température et constitution dans toute son étendue, on sait, d'après la loi de Mariotte, que les densités des couches successives de cette colonne vont en décroissant en progression géométrique quand les hauteurs vont en progression arithmétique. Il résulte donc de là, que, la série des hauteurs et celle des densités correspondantes formeront un système de logarithmes, ou en d'autres termes, que les hauteurs peuvent être considérées comme les logarithmes des densités.

Soit d la densité à la hauteur y on aura $-\ \mathrm{A}y = Log.\ d + \mathrm{C}$, A et C étant des constantes à déterminer et qui dépendent du rapport qui existe entre les deux progressions. Nous avons donné le signe — à y parce que la densité diminue à mesure que la hauteur augmente.

A la surface du sol $y = o$, et si l'on appelle D la densité de l'air en ce point on aura : $o = log.\ \mathrm{D} + C$, d'où l'on tire $C = -\ log.\ \mathrm{D}$ et partant $log.\ d = log.\ \mathrm{D} - \mathrm{A}y$.

Pour déterminer A

on a $\mathrm{A} = \frac{1}{y}\ log.\ \left(\frac{\mathrm{D}}{d}\right)$ ou $= \frac{1}{y}\ log.\ \left(\frac{\mathrm{H}}{h}\right)$ à cause de $\frac{\mathrm{H}}{h} = \frac{\mathrm{D}}{d}$, H et h étant les hauteurs barométriques répondant aux densités D et d.

Les logarithmes que donne la formule précédente sont ceux de Neper; il faut pour les ramener aux logarithmes des tables, que nous désignerons par $Log.$, les multiplier par 0.4343, et l'on a :

$Log.\ d = Log.\ \mathrm{D} - 0.4343\ \mathrm{A}y.$

Et comme cette formule peut être amenée à la forme de $Log.\ \frac{d}{\mathrm{D}} = -0.4343\ \mathrm{A}y = Log.\ \frac{d \times 1 \times g}{\mathrm{D} \times 1 \times g} = Log.\ \frac{\delta'}{\delta}$, on aura aussi $Log.\ \delta' = Log.\ \delta - 0.4343\ \mathrm{A}y.$

La valeur de la constante A dans l'hypothèse que nous avons adoptée est $\frac{1}{a}$, a étant la hauteur de la colonne d'air, dont la densité est D et dont le poids est égal à celui de la colonne de mercure dont la hauteur est H, en supposant l'air 825 fois moins dense que l'eau, $\mathrm{H} = 0^{\mathrm{m}}\ 76$ et la pesanteur spécifique du mercure $= 13.598$, on a : $a = 8526^{\mathrm{m}}$ et partant $Log.\ \delta' = Log.\ \delta - 0.00005094\,y$. Pour $y = 1500^{\mathrm{m}}$ on trouve $\delta' = 1^{\mathrm{k}}\ 0274$; δ étant supposé de $1^{\mathrm{k}}\ 225$ et $\frac{\delta'}{\delta} = 0.8387$ on aura dans ce cas $n' = 0.8387\ n$.

Mais, comme la température de l'air va en diminuant à mesure qu'on s'élève, il est préférable de déduire la valeur de A de l'expérience, et par conséquent de la constitution intime de l'air.

L'équation $A = \frac{1}{y}\ log.\left(\frac{H}{h}\right)$ donne lieu à la même observation que ci-dessus, et à cause de $log.\left(\frac{H}{h}\right) = 2.302\ Log.\left(\frac{H}{h}\right)$ on aura $A = \frac{2.302}{y}\ log.\left(\frac{H}{h}\right)$...

En déduisant la valeur de A des expériences de M. Humbold à Guanataxo, on trouve $A = 0.0001146$, ensorte que l'équation $Log.\,\delta' = Log.\,\delta - 0.4343\ Ay$ devient $\delta' = Log.\,\delta - 0.00004977\ y$, valeur qui ne diffère que de $0.00000147\ y$ de celle trouvée ci-dessus, soit $y = 1500$, on a $\delta' = 1^{k}.0315$ au lieu de 1.0274 ; diff. 0.0041 ou $\frac{1}{255}$.

Toutefois les différences entre les portées obtenues dans l'hypothèse d'une densité constante de l'air, et celles calculées en ayant égard à la variation de densité, sont généralement peu considérables; ainsi pour un boulet de 24 lancé sous l'angle de 43°, à la distance de 4392^{m}, la différence est de 200^{m} environ. Cette différence serait moindre pour une bombe de 32^{c} lancée à 4,000 mètres.

Dans l'application de ce que nous venons de dire relativement à la variation de densité de l'air, il conviendra de tenir compte de la grandeur des arcs de division, de la vitesse avec laquelle ils sont parcourus, et de la hauteur à laquelle ils se trouvent. Dans beaucoup de cas une division en arcs de 15° sera suffisante.

Pour donner un exemple de l'application de nos formules, nous allons calculer la trajectoire d'une bombe de 32 cent.

pour laquelle on aurait $n' = 0.0000311$; nous la supposerons lancée sous l'angle de 45° à une distance de 1004^m (*Expériences de Lafère* 1771).

Nous admettrons que la vitesse initiale de la bombe ait été de 111^m.30.

En divisant chaque branche de la trajectoire en arcs de 15° on trouve :

Branche ascendante.

Arc de 45° à 30 pour lequel $a = 1.4431$.
$x = 242^m\ 3$; $y = 192^m\ 6$; $v = 82^m\ 70$.
Arc de 30 à 15° pour lequel $a = 1.13601$.
$x = 155^m\ 06$; $y = 66^m\ 92$; $v = 70^m\ 83$.
Arc de 15 à 0° pour lequel a $= 1.01782$.
$x = 123^m\ 8$; $y = 26^m\ 27$; $v = 66^m\ 25$.

Abcisse du point culminant de la trajectoire 521^m 16, ordonnée 285^m 79, vitesse restante 66^m. 25.

Un seul arc de 45° à 0°. $x = 528^m$.
$a = 1.22965$. $y = 279^m$.
Vitesse restante.. $v = 66^m\ 29$.

En sorte que les différences entre les abcisses sont de 6^m 84 et celles entre les ordonnées de 6^m 79.

On voit par ce calcul que la décomposition de la trajectoire en arcs successifs diminue l'abcisse du point culminant de la trajectoire et augmente son ordonnée. L'emploi d'arcs plus petits rapprocherait et élèverait ce point un peu davantage.

Branche descendante.

Arc de 0° à $-$ 15° pour lequel $a = 1.01782$
$x = 116^m\ 20$; $y_{,} = -15^m\ 6$; $v = 66^m\ 58$
Arc de $-$ 15° à $-$ 30° pour lequel $a = 1.13601$
$x = 125.63$; $y_{,} = -53^m\ 96$; $v = 71^m\ 68$

Arc de — 30° à — 45° pour lequel $a = 1.4151$

$x = 156^m\,78$; $y_{,} = -125^m\,22$; $v = 83^m\,11$

On a donc pour l'amplitude de la branche descendante jusqu'au point où la tangente = — 1 ; $398^m\,61$, et pour l'abaissement de ce même point au-dessous du sommet de la courbe $192^m\,78$, en sorte que 258.79 — 192.78 = $93^m\,01$ est l'ordonnée du point dont nous nous occupons ici. L'abcisse de ce même point est de 521.16 + 398.61 = 919.77, soit 920^m.

Un seul arc de 0° à — 45° pour lequel $a = 1.22965$ donnerait $x = 397^m\,3$; $y_{,} = 186^m\,4$, et partant $y = 279^m - 186^m\,4 = 92^m\,6$.

En sorte que pour les deux arcs de 0° à ± 45°, on a $925^m\,3$ pour l'abcisse du point que nous considérons.

En calculant la trajectoire comme un seul arc de + 45° à — 45° on trouve

$$x = 925^m\,40;\ y = 92^m\,2;\ v = 83^m\,17.$$

Il résulte de ce qui précède, que le calcul de la trajectoire, par arcs successifs, ne donne pas des résultats notablement différents de ceux qu'on obtiendrait en calculant chaque branche séparément, ou la trajectoire tout entière.

Pour calculer la portée à l'aide du moyen que nous avons indiqué page 30,

$$\text{on a } b = x' \, tang.\, \alpha + \frac{gx'^2}{2V^2 cos.^2 \alpha}$$

ici $b = 92^m\,20$ $tang.\, \alpha = 1$ $cos.^2\, \alpha = \frac{1}{2}$... $v = 83^m\,17$

$$\text{il viendra donc } 92^m\,20 = x' + \frac{9.81\, x'^2}{\overline{83.17}^2}$$

d'où l'on tire $x' = 82^m\,6$; la portée entière deviendra donc P = 1008^m.....

Supposant $y = o$ dans l'équation de la trajectoire, et subs-

tituant à la place de x la valeur 1008 dans les termes x *tang* α et $\frac{2gx}{5ua(\sqrt{\cos.\alpha})^{\frac{5}{3}}}$ et extrayant la racine 6ᵉ on trouve $x = 1007^{m}9$ soit 1008 en nombre rond.

Cette portée est celle qui résulte de l'emploi de la valeur unique $a = 1.22965$, mais en ayant égard à la variation de a, la portée réelle serait un peu plus petite et fort approchée de 1004^{m}, portée expérimentale (1).

Le calcul des portées présente assez de difficultés quand on veut avoir égard aux variations de a. Toutefois, la discussion précédente fait voir que pour la partie de la courbe qui est située au-dessus de l'arc des x, on peut se contenter de prenpre pour a, la valeur moyenne a_0, déterminée par l'angle de projection, sans qu'il en résulte d'erreur notable.

Il y a plus, c'est que dans beaucoup de cas, la valeur $a = 1$ qui fournit les portées les plus longues, donne une trajectoire qui se rapproche assez de l'expérience, du moins pour la seule partie de la courbe qu'on a coutume de considérer.

Pour calculer la portée, nons poserons :

$$\text{(page 40)}\ y = x \tan g\, \alpha - \frac{g x^2}{2 V^2 \cos^2 \alpha} Y.$$

Divisant par x on obtient :

$\frac{y}{x} = \tan g\, \alpha - \frac{gx}{2 V^2 \cos^2 \alpha} Y.$ x et y étant les coordonnées du point à abattre

$\frac{y}{x}$ est la tangente de l'angle d'élévation du but, angle qu'il est

(1) Pour un arc de 45 à 50°, on trouve page 45, $a = 1.80786$, on a pour la vitesse à l'origine de cet arc $V = 83^{m},11$ et $x = 65^{m}\,43$, $y = -72^{m}\,47$, $v = 88^{m}\,89$. L'ordonnée du point le plus bas de l'arc est donc de $93^{m}\,01 - 72.\,47 = 20^{m}\,54$ et son abcisse de $985^{m}\,30$.

Prenant un arc de 50 à 51°, et on arrivera par des tâtonnements successifs à trouver $y = o$ qui donnera la portée que l'on cherche.

toujours facile d'observer et que nous appelons θ; on aura donc :

$$tang\ \theta = tang\ \alpha - \frac{gx}{2V^2 \cos^2 \alpha} Y.$$

d'où l'on tire $x\ Y = \frac{2V^2 \cos^2 \alpha\ (tang\ \alpha - tang\ \theta)}{g}$.

Multipliant par na,

on a $\frac{nax}{2} Y = na \frac{V^2 \cos^2 \alpha}{g} (tang\ \alpha - tang\ \theta)$ (V)

$= p$, quantité donnée par les conditions du problème.

La fonction $\frac{nax}{2}$. Y étant composée de nax et de $V_1 \cos \alpha$, on conçoit qu'on pourra en dresser des tables, analogues de tout point à celles dont il a été question à la page 41, et qu'à l'aide de $V \cos. \alpha$, il sera facile de trouver la portée par de simples proportions.

Le calcul de la vitesse initiale se déduit de la même équation qui donne :

$$\frac{V \cos. \alpha}{\sqrt{Y}} = \sqrt{\frac{gx}{2\,(tang.\ \alpha - tg\ \theta)}} = r$$

On pourra également dresser des tables de la fonction $\frac{V \cos \alpha}{\sqrt{Y}}$ qui permettront de calculer V quand on connaîtra x et r.

La trajectoire dans l'air est une courbe qui présente deux asymptotes, l'une inclinée et appartenant à la branche ascendante, l'autre verticale et appartenant à la branche descendante.

(1) M. le commandant Didion a calculé des tables qui servent à la résolution des problèmes dont nous venons de parler.

L'existence de ces asymptotes est facile à comprendre.

Ainsi, pour l'asymptote inclinée, on conçoit que, puisque la vitesse du mobile va en diminuant de l'origine au sommet de la courbe, si l'on suppose celle-ci prolongée au-dessous de l'origine, la vitesse ira toujours en augmentant à mesure qu'on s'éloignera de ce point, elle pourra donc devenir infinie; dès lors la pesanteur pourra être considérée comme nulle et le mobile se mouvra en ligne droite; cette ligne prolongée ne sera donc autre chose que l'asymptote qu'on cherche.

Pour arriver à la détermination de cette asymptote inclinée nous poserons les formules page 86.

$$v = \frac{\sqrt{1+z^2}}{\left(\frac{nax}{2}+\frac{1}{\sqrt{V\cos.\alpha}}\right)^2} = \frac{1}{\cos.\omega\left(\frac{nax}{2}+\frac{1}{\sqrt{V\cos.\alpha}}\right)^2}$$

$$v_0 = v\cos.\omega \text{ et } z = tang\,\alpha + \frac{2g}{5na}\left(\frac{1}{(V\cos.\alpha)^{\frac{5}{2}}} - \frac{1}{(v\cos.\omega)^{\frac{5}{2}}}\right)$$

Si nous transportons l'origine au point où la vitesse est infinie, en appelant A l'angle formé par l'asymptote avec l'axe des x, faisant $V = \infty$, $z = tang\,\alpha$ et $\omega = \alpha$, on aura

$$tang\,\alpha = tg\,A + \frac{2g}{5na}\,\frac{1}{(V\cos.\alpha)^{\frac{5}{2}}} \text{ et partant}$$

$$tang\,A = tang\,\alpha + \frac{2g}{5na}\,\frac{1}{(V\cos.\alpha)^{\frac{5}{2}}}.$$

La position de ce point est donnée par la formule

$$X = \frac{2}{na}\,\frac{1}{\sqrt{V\cos.\alpha}} \text{ qui résulte de } \frac{nax}{2} + \frac{1}{\sqrt{V\cos\alpha}} = 0.$$

Lorsque α est assez petit pour que a puisse être considéré comme constant, cette formule suffit pour calculer assez exactement la position de l'asymptote.

Ainsi, pour le fusil d'infanterie tiré sous l'angle dont la tangente est 0.00331, la ligne de mire étant horizontale, on a

$tang.\, A = 0.00331 + \frac{2g}{5na} \frac{1}{(450)^{\frac{5}{2}}} = 0.007477$ qui donne

A = 25′ 42″ environ. Et X = 450ᵐ 1.

Les formules précédentes suffiraient encore pour le tir ordinaire du canon, et en général pour toutes les trajectoires, pour lesquelles la valeur de a diffère peu de l'unité. Mais pour des tirs plus infléchis, et principalement pour les bombes, il n'en sera point ainsi et on ne pourra opérer que par tâtonnement.

A cet effet, on calculera la vitesse qui correspond à des arcs de graduation donnée à partir de l'origine, et pour lesquels on cherchera la valeur de a. On transportera successivement l'origine à l'extrémité de chaque arc et on déterminera la vitesse initiale pour cette nouvelle origine, et tant que la vitesse obtenue sera positive, l'angle que fait l'asymptote avec l'axe des x sera plus grand que l'angle essayé; le contraire aura lieu quand la vitesse deviendra négative.

La formule $z = tang.\, \alpha + \frac{2g}{5na}\left(\frac{1}{(V\cos.\, \alpha)^{\frac{5}{2}}} - \frac{1}{(v\cos.\, \omega)^{\frac{5}{2}}}\right)$

donne $\frac{1}{(v\cos.\, \omega)^{\frac{5}{2}}} - (tang.\, \alpha - z)\frac{5na}{2g} = \frac{1}{(V\cos.\, \alpha)^{\frac{5}{2}}}$

V étant pris pour la vitesse initiale et α pour l'angle de tir le plus grand.

Soit pour exemple, le tir d'une bombe de 32^cent pour laquelle $v = 111^m\,3$, $\omega = 45°$, $z = tang.\, \omega = 1$; $\alpha = 60°$. $a = 2.11250$, $log\, n = \overline{5}.492900$.

Effectuant les calculs on trouve V = 216ᵐ 40.

Pour $\alpha = 62^\circ$; $a = 2.33256$; $V = 412^m 80$

$\alpha = 62^\circ 30'$; $a = 2.36746$; $V = 571.7$

$\alpha = 63^\circ$ ... $a = 2.403$.., on obtient un résultat négatif.

L'asymptote fait donc avec l'axe des x un angle compris entre $62^\circ 30$ et 63°..... Après divers essais on trouve $A = 62^\circ 56' \frac{1}{2}$, en nombre rond, et $X = 2228^m$.

Quant à l'asymptote verticale, on conçoit qu'à mesure que la composante horizontale de la vitesse diminue par l'effet de la résistance de l'air, la branche descendante de la trajectoire se redresse de plus en plus, et qu'à sa limite le mobile suit la direction verticale, qui est alors tangente à la courbe à une distance infinie.

Il se présente, dans le mouvement de chute des corps dans l'air, un fait assez remarquable que nous allons examiner.

En supposant que la densité du milieu soit constante, il arrive un moment où la vitesse de chute devient uniforme; cette circonstance a lieu dans la branche descendante de la trajectoire, quand la résistance de l'air équivaut à la gravité. On conçoit en effet, que l'accélération due à la pesanteur étant détruite à tout moment par la résistance du milieu, la vitesse doit être constante.

Appelant u la vitesse dont il s'agit, on aura $g = nu^{\frac{5}{2}}$, d'où l'on tire $u = \left(\frac{g}{n}\right)^{\frac{2}{5}}$. C'est la plus grande vitesse verticale que les corps puissent acquérir par l'effet de la gravité.

Examinons si nos formules donnent ce résultat pour la vitesse finale :

L'équation (g) page 26 donne $\frac{dx}{dt} = v_0 = \frac{\left(\frac{2}{5}g\right)^{\frac{2}{5}}}{(C - naz)^{\frac{2}{5}}}$

et $\frac{ds}{dt} = v = \frac{\sqrt{1 + z^2}\left(\frac{2}{5}g\right)^{\frac{2}{5}}}{(C - naz)^{\frac{2}{5}}}$

Lorsque le mobile se meut verticalement on a :

$a = \frac{2}{5} \infty \frac{1}{2}$ (page 54); substituant il vient : $u = -$

comme on devait s'y attendre.

Soit un obus ou une bombe de 22 ^{cent} tomba hauteur indéfinie, on trouve $u = 137^m\ 26$. Pour un de 32 ^{cent} pour laquelle, on a $log.\ n = 5.492900$, o drait $u = 158^m\ 31$.

Si l'on tenait compte de la variation de la densité d la vitesse finale irait en diminuant, à partir du p lequel la résistance de l'air serait égale à la gravité.

En supposant la hauteur de chute extrêmement g densité de l'air croissant, d'après la loi de Mariotte; tance de ce fluide devenant de plus en plus grande, il un moment où la vitesse serait nulle et où le corps de suspendu dans l'air.

La formule $log.\ \delta = log.\ \delta' - 0.00005094\ y$ dev ce cas, c'est-à-dire quand on compte les y du haut en

$$log.\ \delta' = log.\ \delta + 0.00005094\ y,$$

dans laquelle δ' représente le poids d'un mètre cube surface de la terre.

A 100.000^m on a



[redacted]

On pourrait demander à quelle distance la densité de l'air serait de 7.207, c'est-à-dire égale à celle de la fonte; on aurait dans ce cas

$$Log. \frac{7.207^k}{1^k\,225} = 0.0005094\, y \text{ où } 8526\, log. \frac{7.207}{1,225} = y. =$$

32140m environ (1).

Le mouvement vertical qui doit terminer toute trajectoire suffisamment étendue, n'ayant lieu réellement qu'à l'infini, on voit que la verticale dont il s'agit est une asymptote à la trajectoire. La formule

$$z = tang.\,\alpha + \frac{2g}{5na\,(\text{V}\cos.\,\alpha)^{\frac{5}{2}}} - \frac{2g}{5na}\left(\frac{nax}{2} + \frac{1}{\sqrt{\text{V}\cos.\,\alpha}}\right)$$

dans laquelle z et $tang.\,\alpha$ sont négatifs donne le moyen de calculer la valeur de x, pour tous les arcs que l'on considérera. Ainsi, en partant du sommet de la courbe, si l'on considère un arc de 15° on aura $tang.\,\alpha = o$ et $z = -\,tang.\,15^{o}\,a = 1.08171$ (page 44), et on prendra pour vitesse initiale celle en ce point donnée par la formule

$$u = \frac{\text{V}}{\left(\frac{nax}{2}\sqrt{\text{V}\cos.\,\alpha} + 1\right)^2} \text{ (page 28)}$$

La vitesse restante à l'extrémité de l'arc de 15° sera donnée par la formule :

(1) Malgré les travaux des savants, on ignore encore entièrement ce qui a lieu dans les cas extrêmes. Peut-être arrive-t-il que l'augmentation de densité est contrebalancée par l'augmentation de température. C'est-à-dire que la tension de l'air augmente, sans que la densité croisse dans le même rapport. Ceci supposerait que la loi de Mariotte cesse d'avoir lieu passé un certain terme, ce qui est infiniment probable.

$$v = \frac{\quad}{\cos. 15^\circ \left(\frac{nax}{2} \sqrt{u+1}\right)^2}.$$

On passera de l'arc de -15° à celui -30° en prenant $\alpha = 15^\circ$ et $z = tang\ 30^\circ$, $a = 1.08873$; et pour vitesse initiale la valeur v ci-dessus... et ainsi de suite.

Il sera nécessaire d'avoir recours à la formule

$$b = \frac{1}{2(tang\ \alpha - z)} \Big[tang\ \alpha \sqrt{1 + tang^2 \alpha} + log \sqrt{tang\ \alpha + \sqrt{1 + tang^2 \alpha}} - z \sqrt{1 + z^2} - log.\left(z + \sqrt{1 + z^2}\right) \Big]$$

et à celle $a_1 = b^{\frac{3}{5}}$ pour obtenir les valeurs de a dont on aura besoin pour les arcs approchant de 90°.

On remarquera que la valeur de x obtenue par le dernier arc, s'élèvera à quelques mètres seulement. En ajoutant toutes les abcisses obtenues, à partir de l'origine, on aura la position approximative de l'asymptote verticale.

Il est facile de voir que la position réelle de l'asymptote cherchée diffère très-peu de celle que donne le calcul précédent, et de démontrer l'existence de l'asymptote dont il s'agit; en effet on trouve pour

$$z = -\infty;\ x = 5 \sqrt[5]{\frac{1}{gn^4}}\ \frac{1}{\infty} = o.$$

La division de la courbe par portions d'arcs permettra d'avoir égard, si on le veut, à la variation de densité du milieu, comme il a déjà été expliqué à la page 66.

La recherche des asymptotes est plus curieuse qu'utile. Cette recherche était pourtant nécessaire pour compléter la description de la trajectoire.

Pour terminer ce qui est relatif à l'application de nos for-

mules, cherchons le maximum de portée de quelques projectiles.

Nous avons vu que pour $V = \infty$ on avait pour angle de plus grande portée $\alpha = 11° 19'...$; on trouve dans ce cas 1132[m] pour la portée maximum de la balle du fusil d'infanterie; il n'est donc pas étonnant que cette portée ait été fixée expérimentalement à 1000[m].

Pour la balle oblongue de même diamètre et du poids de 47 gr. $^1/_2$ et pour laquelle $n' = \frac{27}{47.5} n$ on aurait 1778[m]. Ceci suppose que la résistance de l'air pour la balle ogivale est la même que pour la balle sphérique, et qu'il n'y a de différence que relativement aux masses des deux balles.

Pour un boulet de 24, on trouve 4530[m] pour limite extrême de la portée. Dans les expériences qui ont été faites à la Fère, en 1771, la plus grande portée de boulet de 24 a été de 4392[m] sous l'angle de 43°.

D'après Willantroys, M. de Valière, général d'artillerie, aurait obtenu, le 1[er] septembre, à la Fère, trois portées égales de 4872[m] avec des charges de 24 liv., 13 liv. et 9 livres, et sous l'angle de 45°. Ces portées, qui dépassent le maximum que nous avons trouvé tout à l'heure, sont vraisemblablement les plus fortes qui aient jamais été fournies par un canon de 24, en admettant toutefois qu'il n'y ait pas eu d'erreur dans les observations.

En supposant la température à 30°, l'air contenant autant de vapeur que possible, et une hauteur minimum du baromètre, on arrive à un maximum qui comprend les trois portées dont nous venons de parler. Il n'est pas impossible, après tout, que le tir ait eu lieu dans des circonstances à peu près identiques avec celles que nous admettons ici; la saison dans laquelle l'expérience a été faite rend cette conjecture assez

plausible; ce qu'il y a de plus remarquable, c'est l'égalité parfaite de trois portées obtenues avec des charges si différentes.

On trouverait également 5726^{m} pour la portée maximum d'une bombe ordinaire de 32^{cent}... Il est d'expérience que les projectiles de cette espèce n'ont jamais été portés au delà de 4500^{m}.

Pour les boulets ogivaux des expériences de Suède, on aurait $n = 0.000013$ environ et $x = 10844^{m}$. On voit par cette limite quelle puissance d'effet les boulets allongés peuvent avoir. Il est donc présumable que l'adoption de ces projectiles donnera à l'artillerie une supériorité décisive sur les tirs de mousqueterie les plus parfaits, en admettant toutefois que les pièces soient pourvues de lunettes de pointage, ce que la lenteur habituelle du tir rend très-facile.

ESSAI

PROJECTILES ALLONGÉS

(DEUXIÈME ARTICLE.)

Les expériences de Vincennes sur les balles allongées, si fécondes en résultats importants, n'ont été dirigées qu'au point de vue de la masse, et l'opinion des plus habiles expérimentateurs semblerait être que, passé certaines limites, l'acuité de la pointe ne joue qu'un rôle assez faible.

Avant d'aller plus loin, nous allons exposer la théorie du mouvement des projectiles lancés par des armes rayées.

Lorsqu'on lance un projectile allongé avec une arme à canon lisse, ce mobile se renverse à la sortie du canon en tournant autour de l'axe de son plus

volution, tandis que l'axe du plus
nertie est transversal au premier :
dans un cylindre homogène, l'ax
ment d'inertie est l'axe de ce mê
que l'axe du plus grand moment
le milieu de la longueur du cyli
pendiculaire. Il existe bien un tr
mais cet axe n'est d'aucune utilit
tiles appropriés à l'usage des arm

On appelle moment d'inertie d
autour d'un axe de rotation, le p
de chaque tranche infiniment mi
le carré de sa distance à l'axe.

En appliquant ceci à un cylinc
moment en question est plus gra
dre tourne en travers que quand i
son axe ; car la masse du solide res
les deux cas, les distances à l'axe
d'autant plus grandes, que le cylin
gueur relativement à son rayon.
représentée dans les calculs par $\int r$

Les deux axes dont il s'agit s'

tres qui sont instantanés. Ils jouissent tous deux, mais à des degrés bien différents, d'une certaine stabilité, c'est-à-dire que si une cause quelconque tend à écarter un peu le mobile de sa position, il s'y rétablit de lui-même; mais la stabilité est la plus grande possible, lorsque le mouvement a lieu autour de l'axe du plus grand moment d'inertie.

L'observation nous apprend que jamais un projectile allongé ne prend naturellement le mouvement de rotation autour de l'axe de son plus petit moment d'inertie, tandis qu'au contraire le mouvement autour de l'axe du plus grand moment d'inertie se développe presque toujours lorsqu'on lance un corps allongé avec une certaine vitesse.

Le mouvement qu'on procure au projectile autour de l'axe du plus petit moment d'inertie a pour objet de régulariser la trajectoire en compensant toutes les causes de déviations que pourraient produire la résistance de l'air et la constitution irrégulière du mobile. Au contraire, le mouvement autour de l'axe du plus grand moment d'inertie fait dévier le projectile; on conçoit, en effet, que la seule condition à laquelle soit assujetti ce mouvement, c'est d'avoir lieu autour d'un axe passant au milieu de la longueur du cylindre, de telle sorte, alors, que celui-ci peut occuper une infinité de positions différentes. De là résulte que la résistance de l'air est fort accrue, que la portée est extrêmement diminuée et que les déviations sont très-considérables.

Le procédé ordinairement employé pour imprimer aux balles un mouvement de rotation autour de leur axe longitudinal, consiste à creuser dans les parois du canon destiné à les lancer, des rayures en hélice. Les balles étant forcées dans le canon par percussion ou autrement, s'élargissent et pénètrent dans les rayures, et quand l'action de la poudre les met en mouvement, elles s'échappent du canon en tournant autour de leur axe comme une vis qui sort de son écrou.

Dans le vide, la trajectoire serait une courbe plane, il n'y aurait jamais de déviation, mais la résistance de l'air vient modifier cet état de choses. Son action à vitesses égales est évidemment proportionnelle à la snrface des mobiles ou au carré de leur diamètre; et comme, en mécanique, on ne considère que l'action sur un seul point matériel, il faudra donc, pour avoir la résistance de l'air pour un point matériel, diviser la résistance totale par le nombre des points matériels ou par la masse du projectile. Mais on sait que les poids sont proportionnels aux masses; il en résulte donc que les résistances de l'air pour un point matériel de deux mobiles, doués de la même vitesse, sont en raison directe des carrés des diamètres divisés par les poids des mobiles.

Pour une vitesse donnée, la résistance de l'air est proportionnelle à peu près à la puissance $\frac{6}{2}$ de cette vitesse. On conçoit que la résistance de l'air est une force souvent très-considérable. On a calculé que,

pour la balle ordinaire du fusil supposée animée d'une vitesse de 450^{m} *ps.*, cette force équivalait à 94 fois le poids de la balle ; que pour un boulet de 12, animé de la même vitesse, cette force n'était équivalente qu'à 21 fois le poids du boulet : on voit donc que la résistance de l'air est relativement beaucoup moins grande pour les gros projectiles que pour les petits, et qu'elle décroît très-rapidement avec la vitesse.

La résistance de l'air s'appliquant à la surface du mobile et conséquemment au centre de figure C, tandis que la force d'impulsion est appliquée au centre de gravité G, on comprend qu'il n'arrivera presque jamais que ces deux forces soient directement opposées, et que presque toujours la résultante de la résistance de l'air sera oblique par rapport à la direction du mouvement. Il faudrait, pour qu'il en fût autrement, que le mobile présentât un degré de perfection qu'il ne nous est pas donné d'atteindre.

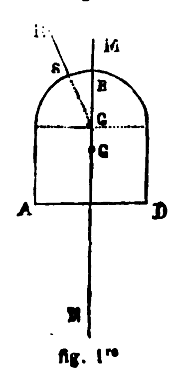


fig. 1re

Soit ABC un projectile lancé suivant la direction MN, et RS la résultante de la résistance de l'air. Il est évident que la force RS aura pour effet d'écarter le mobile de la direction MN, avec une énergie proportionnée à la résistance de l'air, et de tendre à le renverser pour faire tourner autour de l'axe de son plus grand moment d'inertie fig. 1; mais si la balle a reçu un mouvement de rotation autour d'un axe dirigé suivant la tangente à sa trajectoire, c'est-à-dire autour de l'axe de son plus petit moment d'inertie, et que ce mouvement soit assez rapide pour empêcher que la balle ne soit renversée, la balle sera d'un tir bien plus régulier que si elle était libre, fig. 2.

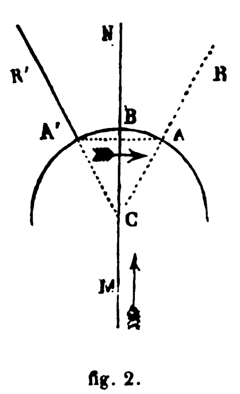


fig. 2.

Pour le démontrer, soit AR la résultante de la résistance de l'air appliquée au centre de figure C d'une

balle se mouvant horizontalement de M vers N, en même temps qu'elle tourne autour de l'axe BCM. Il est évident que la résultante AR aura pour effet d'écarter la balle à gauche, mais comme le point A décrit un cercle dont AA' est le diamètre, au bout d'une demi-révolution, le point A viendra en A', et la force RA prendra la direction R'A' symétrique à la première; car la résultante RA dépend de la forme et de la constitution de la balle et tourne avec celle-ci. Mais dans cette position, la force en question tend à reporter la balle à droite, d'une quantité égale à la déviation première, et à corriger ainsi l'effet d'abord produit par RA.

En général, la force RA décrit un cône, et toutes les sections qu'on peut faire dans ce cône donnent deux positions symétriques de la résultante de la résistance de l'air dont les effets se neutralisent; en sorte que la trajectoire des armes lancées par les armes à canon rayé est bien plus constante dans sa forme que celle des armes à canon lisse, comme le fusil d'infanterie.

L'expérience et la théorie montrent que la partie antérieure B de la balle frappe toujours au but la première, en sorte que si l'on substituait à ABA' une pointe éprouvant moins de résistance de la part de l'air que cet arc, la portée serait considérablement accrue.

On pourrait objecter que la résistance de l'air allant toujours en diminuant et dans une proportion

bien plus rapide que la vitesse; si cette force était capable de produire une déviation BC dans un demi-tour,

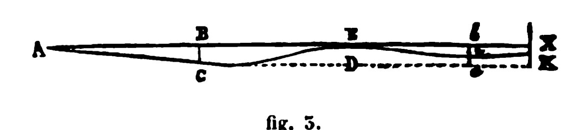


fig. 3.

elle ne devrait plus avoir l'énergie nécessaire pour ramener le projectile sur la droite AX dans le demi-tour suivant, et qu'alors le mobile resterait en deçà au point D, et, que le même effet se produisant à chaque demi-tour, il devrait y avoir finalement une déviation dans le sens de l'action primitive de la résistance de l'air.

Pour apprécier l'importance de cette déviation, supposons qu'on transporte l'origine du mouvement en C et menons CK parallèle à AX; en considérant le mouvement par rapport à CK, nous verrons que le mobile ne sera pas ramené sur CK, mais qu'il restera en D et s'écartera à chaque tour d'une petite quantité, en sorte que la déviation dont il s'agit sera tout au plus égale à $\frac{1}{2}$ BC.

Les déviations dont nous venons de parler sont inappréciables dans les armes rayées ordinaires, mais elles deviendraient fort sensibles si le mobile ne faisait qu'une révolution pour 150 ou 200 mètres.

A mesure que la longueur et le poids du projectile

augmentent, le moment d'inertie devient plus considérable et le projectile a une tendance plus grande à se renverser, il faut donc alors que la vitesse de rotation du mobile autour de l'axe de son plus petit moment d'inertie augmente, c'est-à-dire que le pas de l'hélice que forment les rayures du canon devienne plus court.

Mais, d'un autre côté, le frottement du projectile dans les rayures devenant de plus en plus grand à mesure que le pas de l'hélice diminue de hauteur, on est obligé de restreindre les charges, autrement le projectile ne tourne pas et traverse le canon comme un emporte-pièce en y laissant une partie de sa substance; ou bien la grandeur du frottement atténue l'effet de la charge, et, dans tous les cas, l'arme et le projectile peuvent être endommagés. Pour toutes les carabines mises en essai, on a reconnu que les pas d'hélice les plus courts répondaient aux balles les plus longues et les plus lourdes, et aux charges les plus faibles.

En toute chose, l'expérience devance la théorie qui en modifie et perfectionne la marche. Ainsi, les anciennes carabines, qui étaient généralement rayées au pas de 1 mètre et même à un pas plus court, étaient évidemment propres à lancer des projectiles oblongs; et quand la balle s'allongeait d'un travers de doigt, en descendant sur la poudre, l'arme se trouvait dans les meilleures conditions pour obtenir une grande justesse de tir et ces portées énormes qu'on considé-

rait alors comme fabuleuses, bien que plusieurs militaires dignes de foi les eussent observées dans les guerres de la République et de l'Empire (*a*).

Si l'on eût adopté pour le chargement de ces carabines un projectile allongé comme celui AB et dont

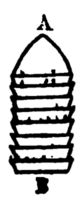


fig. 4.

le diamètre eût excédé celui du canon de 1 millimètre seulement, qu'on eût fraisé la baguette et le bout du canon pour ne pas déformer la balle et faciliter son introduction dans l'arme, on aurait obtenu une arme d'un excellent service relativement aux anciennes carabines.

L'hélice est, comme on sait, une courbe qui jouit de la propriété de faire toujours le même angle avec les génératrices du cylindre : c'est une vis à filets allongés. Le développement d'une hélice entière est un triangle rectangle ABC, dont la hauteur AB est le pas de l'hélice et dont la base BC est le développement de l'âme du canon. Pour tracer l'hélice sur un cylindre, il suffit de placer AB sur une des géné-

(*a*) On sait que ces carabines se chargeaient au maillet avec une baguette très-forte.

ratrices *ab*, et en roulant le triangle sur ce même cylindre, l'hypothénuse AB forme l'hélice *axb*.

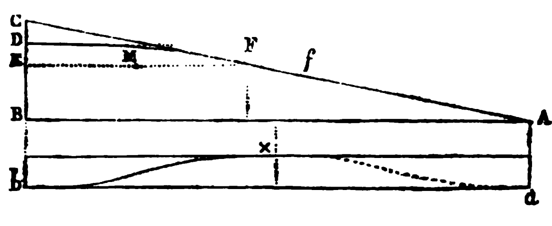


fig. 5.

Généralement les canons ne renferment qu'une portion d'hélice plus ou moins longue FC, selon la grandeur et la destination de l'arme; aujourd'hui les rayures sont au nombre de quatre pour les carabines françaises; ces rayures sont rondes et concaves afin d'en faciliter le nettoyage et la conservation. La largeur des cannelures est égale à celle de leurs inter-

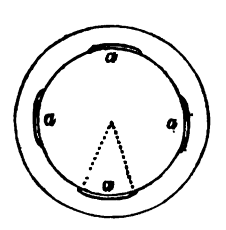


fig. 6.

valles, c'est-à-dire à $\frac{1}{8}$ de la circonférence du canon. Cette grande largeur des rayures donne plus de sol-

Autrefois, la profondeur des r
depuis le fond du canon jusqu'à
nant cette profondeur est pro
qu'elle est de 0,5mm au fond Al
0,3mm, et même à 0 à l'entrée
sition rend le forcement plus e
ballottement de la balle lorsqu'e
conçoit que le frottement des
balle dans les rayures du canon
dimensions et donner un certa
quand les rayures étaient parte
deur, tandis que maintenant
serre à plein dans les hélices du
à la justesse du tir, ainsi que l'
riences de Vincennes :

Quant au nombre des rayure
avantageux de les faire en non
dans les anciennes carabines ;
répondraient aux vides et la ba
à forcer, attendu qu'elle n'au
s'élargir autant que quand les vid
comme cela se présente avec

est mieux assujettie, c'est ce qui a fait adopter ce nombre pour les armes rayées actuellement en usage et en fabrication. Dans les pièces d'artillerie en essai, les rayures sont au nombre de trois, ce qui est admissible à cause de la solidité des tenons qui se meuvent dans les rayures de l'âme.

Habituellement les rayures des canons sont dirigées de gauche à droite, de telle sorte que le dessus de la balle tourne de gauche à droite par rapport au tireur.

Indépendamment de l'hélice ordinaire ou uniforme, il y a encore l'hélice progressive: Ainsi EFC

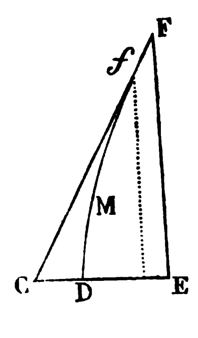


fig. 7.

devant produire une hélice uniforme, le triangle mixtiligne DMEF donnera l'hélice progressive, évidemment plus courte que l'hélice ordinaire.

On peut considérer la courbe DMF comme un polygone d'un nombre infini de côtés; et ces côtés pouvant être pris pour des éléments d'hélices ordi-

naires, il en résulte que le mouvement dépendra de l'inclinaison de la tangente FC, prolongement de l'élément extrême *f* de la courbe, et que le projectile aura la même vitesse de rotation, que s'il avait été mû sur l'hélice dont FC est le développement. Nous remarquerons que comme la direction d'un seul élément ne saurait déterminer le mouvement d'une manière bien précise, il est convenable de déterminer les hélices progressives par une portion F*f* d'hélice ordinaire.

Si l'arc FMD est un arc de parabole les rayures sont dites paraboliques, etc. Les rayures progressives ont l'avantage d'être plus courtes que les rayures ordinaires pour une inclinaison finale donnée. Un de leurs plus grands inconvénients, c'est que la tangente à la courbe génératrice variant à tout moment, les filets en plomb de la balle doivent se modifier suivant l'inclinaison des rayures du canon, ce qui donne lieu à un frottement assez considérable et nuit à la précision du mouvement.

Parmi les différentes courbes qu'on peut employer pour tracer l'hélice progressive, le cercle nous paraît mériter la préférence, parce que, dans cette courbe, le rayon de courbure étant invariable, un mobile allongé peut se mouvoir dans une coulisse circulaire, sans éprouver d'altération dans sa forme, ce qui n'aurait pas lieu pour une parabole par exemple, dont le rayon de courbure change à tout moment.

La facilité qu'on a de calculer l'arc générateur de

l'hélice est encore une raison qui recommande l'emploi du cercle. Soit, en effet, ABC le triangle rectan-

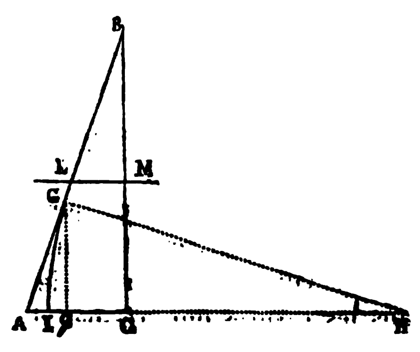


Fig. 8.

gle générateur de l'hélice ordinaire qui correspond à l'inclinaison du dernier élément de l'hélice progressive, soit MC la hauteur du canon. Prenons LG = 10 centimètres d'hélice ordinaire, G sera le point où commencera l'hélice progressive; admettons que cette hélice doive avoir à l'origine I sa tangente parallèle à BC, l'arc générateur devra être tangent à AB au point G, et son centre devra se trouver sur AC prolongé. Si donc on élève au point G la perpendiculaire GH, cette ligne rencontrera AC prolongé au point H; et si du point H avec le rayon GH on décrit l'arc GI, cet arc sera la courbe génératrice de l'hélice progressive.

Les triangles rectangles ABC et AGH sont semblables et donnent AC : AG :: BC : GH, et, partant,

$$GH = \frac{AG \times BC}{AC} = HI.$$

Si du point G on abaisse la perpendiculaire Gg, les deux triangles rectangles BAC et GgH seront semblables, et donneront

$$Hg = \frac{GH \times BC}{AB};$$

et, partant, on aura :

$$Ig = HI - Hg = \frac{AG \times BC}{AC} - \frac{GH \times BC}{AB}.$$

En enroulant l'arc générateur sur le cylindre de l'âme, il ne jouit pas exactement des mêmes propriétés ; mais comme les parties de la balle qui frottent dans les rayures ont très-peu de longueur, les changements de forme que la balle devra subir pour passer d'un arc à un autre seront peu sensibles, si surtout on fait varier progressivement la profondeur des rayures.

On trouverait facilement l'arc de parabole qui peut remplacer l'arc de cercle précédent. En effet, supposons que les deux arcs aient la même origine I, on aura pour l'équation de l'arc parabolique

$$y^2 = 2px, \text{ et } y'^2 = 2Rx' - x'^2$$

pour celle de l'arc de cercle. Mais au point G, on a

$$\frac{dx}{dy} = \frac{y}{p} = \frac{dx'}{dy'} = \frac{y'}{R - x'}.$$

soient a et b les coordonnées du point G où la tangente est la même pour les deux courbes, on en déduira

$$\frac{b}{p} = \frac{b}{R - a}, \text{ et } p = R - a.$$

En sorte que l'arc de parabole qui correspond à l'arc de cercle GI aura pour équation :

$$y = 2(R - a)\, x.$$

L'abscisse du point G ne sera pas la même dans les deux arcs, on aura :

cercle $b^2 = 2Ra - a^2$; parabole $b^2 = 2(R - a)a'$;

a' étant l'abscisse du point G dans la parabole sera égal à

$$\frac{2Ra - a^2}{2R - 2a}.$$

On voit donc qu'on a

$$a' > a,$$

et que l'arc de parabole sera plus grand que l'arc de cercle; mais la différence sera très-petite, attendu que R est toujours très-grand relativement à a.

Les valeurs des tangentes étant

$$\frac{y}{R - a}$$

pour la parabole, et

$$\frac{y'}{R - x'}$$

pour le cercle, un accroissement très-petit Δ de y, répondant à un accroissement δ de x, donnera les tangentes

$$\frac{y + \Delta}{R - a} \text{ et } \frac{y' + \Delta}{R - x' - \delta};$$

les variations des tangentes dans la parabole et dans le cercle seront donc respectivement

$$\frac{\Delta}{R - a} \text{ et } \frac{\Delta}{R - x' - \delta};$$

fente dans l'hélice circulaire que
bolique, c'est pour cette raison q
semble préférable.

Ces hélices sont d'une exécutic
lève facilement cet obstacle au n
directeur dans lequel pénètre une
une fente en spirale, et guide l'éc
cer les rayures des canons.

La vitesse de rotation de la bal
miner, du moment où l'on conna
de l'hélice et la vitesse initiale.

Ainsi, h étant la hauteur du pa
vitesse initiale, la balle faisant un
pendant qu'elle parcourt h mètre
ployé par la balle pour parcourir

$$\frac{\frac{1''}{h}}{V} \text{ ou } \frac{1}{V}, h \times \frac{1}{V} =$$

sera le temps que la balle emploi
sur elle-même, donc dans une se

$$\frac{V}{h} \text{ tours,}$$

c'est ce qu'on appelle la vitesse ir

et, partant,

$$\frac{312}{2} = 156 \text{ tours.}$$

Le diamètre de la balle étant de $17^{mm},2$, on aura pour la vitesse de rotation d'un point de la circonférence extrême :

$$17^{mm},2 \times \pi \times 156 = 8^{m},43,$$

la résistance qui résulte d'une aussi faible vitesse ne peut pas l'atténuer d'une manière notable ; en sorte qu'on peut admettre que la vitesse de rotation reste constante, ou du moins sensiblement la même, tandis que celle de translation diminue très-rapidement par l'effet de la résistance directe du milieu.

C'est à cette circonstance qu'il faut attribuer la stabilité des balles allongées dans la dernière partie de leur trajectoire.

En prenant la balle allongée actuelle comme type de tous les autres projectiles, et en adoptant le pas de 2 mètres pour la vitesse de 312 mètres, il faudra, si l'arme est destinée à tirer à faible charge, que l'inclinaison des rayures soit telle, que la balle ait la même vitesse de rotation qu'elle aurait dans la trajectoire de la balle de la carabine, pour la vitesse correspondante ; de cette manière, le tir des petites armes présentera toute l'exactitude dont il est susceptible.

Ainsi, la balle de la carabine ayant une vitesse restante de 176 mètres à 300 mètres, et ayant conservé la vitesse de rotation de 156 tours par seconde,

ait une vitesse de 450 mètres, il f

$$\frac{450}{x} = 156 :$$

d'où l'on tire

$$x = 2^{m}.88.$$

L'inclinaison des hélices pour l
paraît être d'une révolution pour 0ᵐ
répondant à des balles allongées de
longueur et du poids de 150 gram

D'après ce que nous avons dit, l
présente le plus de stabilité dans u
conque est celui autour de l'axe du
ment d'inertie; et ce mouvement d
deur de ce moment.

Ainsi, pour la balle sphérique, a
non par deux coups de baguette
ayant lieu autour de l'axe AB du pl



d'inertie, est très-stable ; il n'est pas besoin de donner à la balle un mouvement de rotation très-rapide, et un pas d'hélice de $6^m,22$ est suffisant. Mais si le projectile a été déformé par une percussion très-violente, qu'une partie du plomb ait pénétré dans la chambre, et que la balle forme clou, comme disent les tireurs, le projectile s'allonge, AB n'est plus l'axe du plus grand moment d'inertie ; alors le mouvement de rotation devient insuffisant pour maintenir la balle qui tend à se renverser, et le tir devient très inexact au delà de 200 mètres. C'est pour cette raison qu'on avait adopté la cartouche à sabot, complication très-grande, mais indispensable pour assurer la perfection du tir.

On conçoit que la balle, en s'appuyant sur la concavité du sabot S, ne pouvait plus se déformer, et

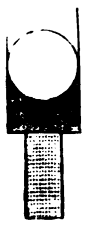


fig. 10.

qu'alors le mouvement de rotation avait lieu autour de l'axe du plus grand moment d'inertie.



balles ordinaires, lancées par le fusil, éta
très-meurtrières à cette distance.

Pour les projectiles sphériques, la stabi
de rotation augmentant avec le calibre, le
lice augmente en raison du diamètre du
ainsi, pour le fusil de rempart et la carab
1842, on aurait :

$$21^{mm} : 17^{mm} :: x : 6^m,22 ;$$

d'où l'on tire

$$x = 7^m,68, \text{ au lieu de } 8^m,12...$$

Pour un boulet de 8 en plomb de 87^{mm}
mètre, on aurait :

$$17^{mm} : 87^{mm},6 :: 6^m,22 : x = 32^m.$$

Il est présumable qu'avec son aussi faib
son le mouvement de rotation ne serait pa
suré, à moins qu'on n'employât un moye
ment bien régulier, et qu'en outre le
aplati d'environ $\frac{1}{?}$ de son diamètre, comme

viations si considérables dans les armes à canon lisse, n'en produit que d'assez faibles dans les armes rayées.

Lorsque le centre de gravité du projectile n'est pas dans l'axe du canon, on conçoit que tant que le mobile reste dans l'âme, le centre de gravité tourne autour du centre de figure et décrit une spirale. A la sortie du canon, le centre de gravité, en vertu de la force centrifuge, s'échappe suivant la tangente à cette spirale avec la vitesse qu'il possède actuellement. La grandeur absolue des déviations dépend de l'écartement du centre de gravité et de la vitesse de rotation de la balle. Toutefois, comme cette force déviatrice est assez faible, la résistance de l'air ne modifie pas sensiblement le mouvement qu'elle produit, et celui-ci peut être considéré comme étant uniforme.

Soit, par exemple, la carabine modèle 1846 lançant une balle allongée, présentant une excentricité de $0^{mm},1$ et animée d'une vitesse initiale de 312 mètres pas seconde.

La vitesse initiale de rotation de la balle étant de 156 tours par seconde, celle du centre de gravité sera de

$$156 \times \pi\, 0^{mm},1 = 49^{mm}.$$

La balle allongée employant $6'',71$ environ pour un trajet de 1200 mètres, la déviation à cette distance serait de

$$6'',71 \times 49^{mm} = 0^{m},329, \text{ soit } 0^{m},33.$$

Les déviations dont il s'agit sont peu importantes: cependant elles montrent qu'il y a un inconvénient réel à diminuer la hauteur du pas de l'hélice des armes rayées, au delà de celle qui convient pour le projectile et la charge de chaque arme.

Quant au sens de la déviation, il dépendra de la direction ordinaire des rayures; la tangente à l'hélice décrite par le centre de gravité de la balle étant toujours inclinée de gauche à droite pour tous les points qui sont situés au-dessus de l'axe et la plupart des canons renfermant à peine une demi-hélice, il en résulte que les déviations, dont nous nous occupons, auront toujours lieu à droite.

Pour les points au-dessous de l'axe du canon, les tangentes à l'hélice que décrit le centre de gravité étant dirigées de droite à gauche, il en résulte que, pour les canons qui renferment plus d'une demi-hélice, les déviations auront toujours lieu à gauche.

La déviation horizontale maximum correspondra évidemment au point où la tangente extrême à l'hélice sera dans un plan horizontal; au contraire, la déviation latérale sera nulle quand la tangente dont il s'agit sera dans un plan vertical.

Le sens de la déviation dépendra donc de la position de la tangente à l'hélice décrite par le centre de gravité de la balle, position qui dépend elle-même de celle du centre de gravité et de la longueur du canon.

Nous avons déjà dit qu'à mesure que le pas de l'hélice diminue, le frottement de la balle dans les rayures devient plus énergique, et qu'il y a des limites de vitesse qu'il est impossible de franchir. Ici les rayures progressives à profondeur décroissante permettraient peut-être de dépasser les limites, qui n'ont été trouvées que pour des hélices ordinaires. *Voir la note* A.

Les premières balles allongées qui ont été essayées consistaient en un cylindre terminé par un cône; de là le nom de balles cylindro-coniques qui leur avait été donné d'abord. Ces balles, quoique d'un tir bien supérieur à celui des balles sphériques, laissaient beaucoup à désirer. Plus tard, on donna aux balles la forme ogivale, et on pratiqua à leur base une

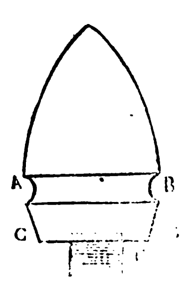


fig. 11.

gorge AB destinée à lier la cartouche à la balle avec une ficelle graissée qui faisait office de calepin

pour graisser le canon et faciliter le mouvemen
remarqua que ces balles allaient beaucoup mieu
les autres, et l'on reconnut que cette supér
d'effet était due à la présence de la gorge.

Le forcement de ces balles s'effectuait à
d'une tige cylindrique en acier T de 38 millim
de hauteur et 9 millimètres de diamètre, vissé
la culasse. La poudre occupait l'espace entre l
et les parois du canon, et la balle reposait par s
plane CD sur le sommet de la tige T. Au moyen



base de la balle et en déterminât le gonflement; cette balle, en augmentant de diamètre, pénétrait dans les rayures du canon et se trouvait forcée.

On remarqua que ces balles, qui portaient à 800 et même à 1000 mètres, avaient l'inconvénient de donner des déviations à droite à peu près constantes. Ces déviations allaient jusqu'à 4 mètres à 800 mètres. On appela ce phénomène dérivation et on en donna l'explication suivante :

Les corps allongés, lorsqu'ils ne se renversent pas, tendent à conserver leur axe dans sa direction première, c'est ce qu'on voit quand on lance une flèche mal empennée avec peu de vitesse ; il résulte donc de là que la pointe *a* du mobile est constamment au-dessus de la trajectoire, et que son axe *ax* fait un certain angle avec la tangente à cette courbe.

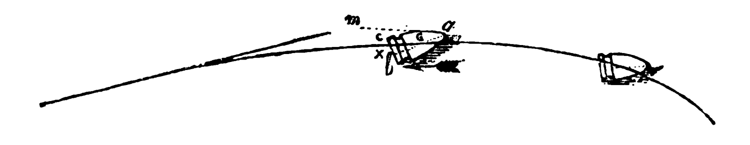


fig. 13.

Or, la partie *ab* de la balle étant exposée à l'action directe de la résistance de l'air, le fluide est comprimé sur la face *ab* et raréfié sur celle *ac*. On voit donc que le fluide comprimé soutient le mobile et empêche qu'il ne descende aussi vite qu'une balle

sphérique qui serait constituée pour éprouver la même résistance directe de la part de l'air. La trajectoire devra donc être plus allongée que celle de la balle sphérique en question. La résistance de l'air agissant sur la gorge du projectile, produit sur la partie inférieure de cette gorge une action (représentée par une flèche) qui tend à ramener sa pointe sur la trajectoire, mais avec peu d'énergie, de telle sorte que souvent, dans la branche descendante, le mobile se renverse et se meut en travers pour les portées de 1000 à 1200 mètres.

La partie inférieure du mobile se mouvant dans l'air comprimé, et celle supérieure dans l'air raréfié, il doit en résulter une déviation.

En effet, le haut de la balle tournant de gauche à droite, le dessous doit tourner de droite à gauche.

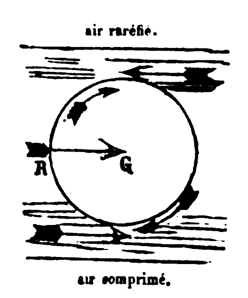


fig. 14. — Balle vue par derrière.

Les résistances au mouvement de rotation étant en sens inverse de ce mouvement, il en résulte que la résistance supérieure agira de droite à gauche, celle

inférieure de gauche à droite. Mais la résistance inférieure étant due au frottement de l'air comprimé est plus grande que la résistance supérieure qui est due au frottement de l'air raréfié. En combinant ces deux résistances, il en résultera une force unique RG agissant de gauche à droite et qui produira ce qu'on appelle la dérivation.

Telle est l'explication généralement adoptée.

M. le capitaine d'artillerie Tamisier, en réfléchissant aux propriétés de la balle à gorge, fut conduit à la balle ogivale à cannelures dont on se sert aujourd'hui, et qui est désignée maintenant sous le nom de balle allongée.

Grandeur naturelle.

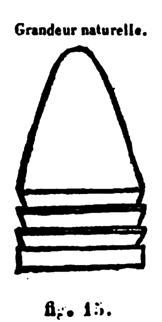


fig. 15.

Cette balle, du poids de 47 gr. ½ et de $17^{mm},2$ de diamètre, présente trois cannelures *ccc*, dont l'objet est de donner prise à la résistance de l'air.

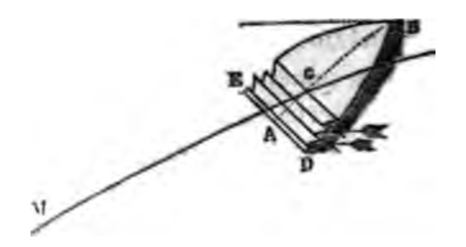


fig. 16.

Supposons que cette balle décri
M et que AB soit la position de s
que la partie inférieure de la ba
comprimé , tandis que la partie
trouve dans l'air raréfié. Que, par
partie inférieure des cannelures est
tion directe de la résistance de l'air,
partie supérieure échappe totalemen

La résultante de l'action de la ré
sur les cannelures (1) tend évidemme

---

(1) Il serait plus conforme à l'esprit de

pointe du mobile suivant la trajectoire ; mais comme cette action est produite par la pression d'un fluide élastique, il en résulte que la pointe B, après avoir été un instant sur la trajectoire, s'abaissera au-dessous, en vertu de la vitesse acquise; mais alors les cannelures supérieures se trouvant en prise à l'action de la résistance de l'air, cette action, jointe à la pesanteur, fera remonter la pointe du mobile, qui descendra ensuite pour remonter encore, etc., en sorte que le projectile aura dans tout son trajet un balancement vertical, qu'on aperçoit assez distinctement dans les flèches.

Il est d'expérience que les balles allongées n'éprouvent pas de dérivation sensible; or, on ne voit pas d'abord comment la présence des cannelures annulerait la dérivation. A moins qu'on ne l'attribue au balancement de l'axe AB du mobile, qui se trouve

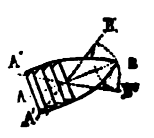


fig. 17.

réglé de manière que l'air comprimé, agissant tantôt au-dessous et tantôt au-dessus de la balle, compense et annule la dérivation en imprimant au centre de gravité un petit mouvement en spirale.

dessous de la balle, et celle de celu
dessus est très-faible et n'est nul
produire les effets dont on vient de

Examinons quelle est l'influenc
l'air comprimé dans le mouveme

Les anciens auteurs, notamm
plus tard le célèbre Poisson, ava
grande influence au frottement de
des projectiles et avaient vu dans
des causes les plus énergiques des
l'expérience n'a pas confirmé cette

Pour faire comprendre commen
déviations par l'inégalité du frotte
faces antérieure et postérieure du
lons prendre un exemple.

Quand un mobile tourne autour
diculaire à sa trajectoire et situé da
l'origine du mouvement, si le pr
gauche à droite, sa face postérieure
à gauche. Or, le mouvement de l
ayant lieu dans l'air comprimé, ta

l'air comprimé est plus grande que celle due au mouvement dans l'air raréfié ; mais les résistances dont il s'agit étant dirigées en sens contraire du mouvement de rotation, il en résultera que la plus grande résistance aura lieu de droite à gauche, et la plus faible de gauche à droite ; la résultante de ces deux forces agissant dans le sens de la plus grande, le corps déviera à gauche.

Si l'axe de rotation était perpendiculaire au plan de tir et que sa face antérieure tournât de dessus en dessous, il est facile de voir que les résistances dues au frottement auraient une résultante dirigée de dessous en dessus et que la portée devrait être augmentée ; mais cette théorie n'est pas du tout d'accord avec l'expérience qui démontre au contraire que dans ce cas la portée est raccourcie.

La cause efficiente des déviations n'est donc pas le frottement de l'air, mais bien la vitesse absolue avec laquelle chacun des points du mobile choque le milieu résistant. On conçoit que si les points de la gauche du mobile, par rapport au plan de tir, choquent l'air avec plus de vitesse que ceux de la droite, la résistance sera plus grande à gauche qu'à droite, et que, par conséquent, le mobile tendra à dévier à droite.

Ainsi, dans le cas où, comme tout à l'heure, l'axe est supposé perpendiculaire à la trajectoire et où la face antérieure tourne de gauche à droite, on voit que pour les points qui, comme A, sont à la gauche, la vi-

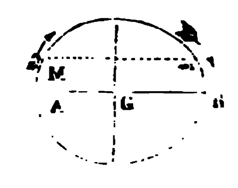


fig. 18.

centre de gravité, tandis qu'à pa
mouvement est rétrograde, et que
tion se retranche de celle de transl

En appelant ω la vitesse qui s'
translation pour le point M, on au
avec laquelle ce point choque le mil
que $V-\omega$ sera la vitesse relative au

Mais la résistance de l'air crois
port de la puissance $\frac{5}{2}$ de la vitess
sera proportionnelle à $(V+\omega)^{\frac{5}{2}}$ pou
$(V-\omega)^{\frac{5}{2}}$ pour le point m, en faisant
nement pour tous les points comp
voit que la résistance sera plus gran
droite du plan de tir, le mobile de

du nombre, détermine des différences très-notables dans les résultats; c'est pourquoi la cause que nous venons d'indiquer est susceptible de produire des effets bien autrement importants que le frottement dont l'action doit être vraiment minime.

Si le mobile tourne de dessus en dessous, la résultante de l'action totale agit de dessus en dessous, et la portée est diminuée, ce qui est conforme à l'expérience (B).

Pour les balles lancées par les carabines, si le frottement avait une influence aussi grande que le supposait l'ancienne théorie, la vitesse de rotation du mobile serait bientôt détruite, ou du moins elle serait considérablement diminuée. Tandis qu'au contraire il est d'expérience que cette vitesse se conserve à peu près sans altération jusqu'à la fin du trajet. Il résulte de ce qui précède, que la différence qui existe entre le frottement du mobile dans l'air comprimé et dans l'air raréfié est trop faible pour produire les dérivations observées, surtout dans le mouvement des gros projectiles.

Il faut donc chercher la cause de la dérivation dans la différence de vitesse avec laquelle les différents points du mobile frappent le milieu résistant.

Nous avons supposé jusqu'à présent que les mobiles sphériques n'étaient pas susceptibles de dériver, parce que nous avons supposé que l'axe de rotation du projectile était toujours dirigé suivant la trajectoire; mais il n'en est pas ainsi, et, dans la branche

ascendante de la courbe, l'axe de rotation de la b
est au-dessus de la tangente à la trajectoire.

Quant à la branche descendante, le contrai
lieu, et l'axe de rotation est au-dessous de la t
gente à la courbe. Ce fait constaté avec la carab
mod. an. 9, et depuis bien des années, est tou
fait confirmé par les expériences faites à Metz en 1
par M. le lieutenant-colonel d'artillerie Didion
le tir des balles de différentes formes avec le pist
facultatif d'officier de cavalerie (m. 1833). M. Did
a reconnu comme moi, que le pôle antérieur de
balle se trouvait au-dessus de la tangente à la t
jectoire dans la partie ascendante de cette courl
et au-dessous dans la branche descendante.



fig. 19.

Ainsi XY étant une cible, l'écartement entre
pôle A et le point K est beaucoup plus grand que
qui dépend de l'inclinaison de la courbe et s'élèv
$0^{mm},2$, à $0^{mm},3$ par le tir au pistolet, tandis que
est souvent de 1 millimètre ½ à 2 millimètres.

On a remarqué à Metz, comme je l'avais fait moi-même, qu'en tirant sur une cible en fer, la balle était rejetée à gauche, ce qui est une conséquence naturelle de la position du point choquant K.

A l'origine du mouvement, l'axe de rotation est dirigé suivant la tangente à la trajectoire, puis il s'écarte de plus en plus de cette tangente, après quoi il s'en rapproche pour coïncider avec elle, un peu au delà du sommet de la courbe; passé ce point, l'axe de rotation s'abaisse de plus en plus au-dessous de la tangente à la trajectoire, et lorsque cette courbe est assez étendue, l'abaissement de l'axe devient tel, qu'il détermine le renversement du projectile.

Examinons d'abord ce qui se passe dans la branche ascendante, soit AMBP, un projectile lancé suivant la direction AB; supposons que le centre de figure et le centre de gravité soient réunis en G, et

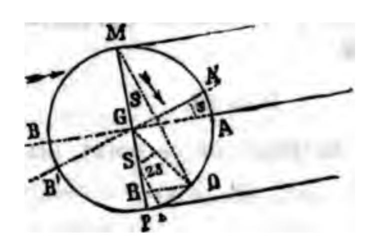


fig. 20

considérons le mobile en un instant quelconque son trajet :

Soit B'A' son axe de rotation s'élevant au-dessus la trajectoire de la quantité angulaire δ; soit V la vitesse actuelle de translation du mobile, n le nombre de tours qu'il fait par seconde, et D son diamètre.

La résistance de l'air concentre son action s l'hémisphère MAP, mais il n'y a plus égalité entre vitesse avec laquelle chacun des points de cet hémisphère rencontre le milieu résistant.

Considérons le point M, par exemple : ce point en tournant autour de A'B', avance de la quanti QR, et si l'on joint GQ l'angle PGQ $= 2\delta$, et l'on a

$$QR = \tfrac{1}{2} D \sin 2\delta;$$

or, QR est la quantité dont le point M s'avance da un demi-tour, donc le chemin parcouru dans tour entier serait

$$D \sin 2\delta,$$

et en appelant u la vitesse de ce point, on aura

$$u = nD \sin 2\delta.$$

La vitesse u est celle que le mouvement de rot tion vient ajouter à la vitesse de translation, en soi qu'à la droite du plan de tir la vitesse du point est $v + u$.

De l'autre côté du plan, le point P remontant ve

M, recule de la même quantité PR, et partant, la vitesse de ce point devient $v - u$.

Les résistances étant supposées proportionnelles à la puissance $\frac{5}{2}$ de la vitesse, la résistance à droite sera proportionnelle à $(v+u)^{\frac{5}{2}}$, et à gauche à $(v-u)^{\frac{5}{2}}$.

Pour les points intermédiaires de Q à M, on trouve que les résistances à droite du plan de tir sont plus grandes que celles de gauche, mais que la différence diminue de manière à être nulle au point A'.

La même observation s'applique aux points compris entre P et Q ; un point *s* quelconque du demi-cercle, dont MP est le diamètre, avance nécessairement en descendant vers *t*, tandis que *t* recule en remontant.

L'ensemble de ces forces constituera une force accélératrice variable, qui, nécessairement, fera dévier le mobile à gauche, puis la déviation ayant été un moment stationnaire, aura lieu en sens contraire et

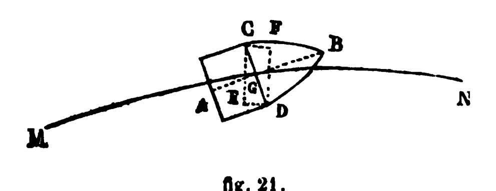


fig. 21.

jettera le mobile finalement à droite du plan de tir AB, ainsi que nous allons le faire voir d'une manière sommaire.

Nous avons dit tout à l'heure que dans la branch descendante de la trajectoire l'axe de rotation de l balle était au-dessous de la tangente à la courbe.

En répétant les mêmes raisonnements que ci-des

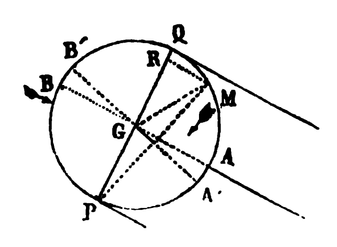


fig. 22.

sus, on voit que le point M, en tournant de gauche droite, recule de la quantité

$$MR = \frac{1}{2} D \sin 2\delta,$$

tandis que le point P, au contraire, avance en remon tant de la même quantité MR.

En opérant comme pour la branche ascendan et appelant u la vitesse additive ou soustractive d points P et M, on a

$$u = nD \sin 2\delta.$$

En considérant les points M et P, la résistance droite du plan de tir est proportionnelle à $(v - u)$

tandis qu'à gauche du même plan elle est proportionnelle à $(v+u)^{\frac{6}{2}}$.

En répétant le même raisonnement pour tous les points de l'hémisphère, on voit que la résistance est plus grande à gauche qu'à droite, et que, par conséquent, le mobile déviera à droite.

Les déviations relatives à la branche ascendante sont très-limitées, l'axe de rotation du mobile coïncidant avec la tangente à la trajectoire à l'origine du mouvement et vers le sommet de la courbe, tandis que dans la branche descendante l'axe de rotation s'écarte de plus en plus, et cet abaissement devient tel, qu'il amène le renversement de la balle.

De plus, la branche descendante étant plus lentement parcourue que la branche ascendante, et la vitesse de translation du mobile étant de plus en plus petite; l'influence de la vitesse additive u produite par la rotation devient de plus en plus importante. De là résulte que la déviation relative à la branche descendante l'emportera d'autant plus sur celle relative à la branche ascendante que la portée sera plus grande, que le projectile sera plus gros, et que son mouvement de rotation sera plus rapide.

Le mobile déviera donc à droite; cette déviation est évidemment ce qu'on a appelé dérivation.

On trouve pour la balle sphérique de 16^{mm},35, lancée avec une vitesse de 430 mètres, et faisant 69 tours par seconde, une dérivation à peine appréciable à 400 mètres.

Pour avoir une idée de l'importance de la force déviatrice, supposons qu'il s'agisse d'une bombe de 27 centimètres lancée avec une vitesse de 100 mètres par seconde; soit $n = 120$; $\delta = 5°$ maximum de l'écartement de l'axe de rotation, on aura

$$u = 120 \times 0{,}27 \times \sin 10° = 5{,}626\text{, soit } 5^m{,}63.$$

La résistance à droite du plan de tir sera donc proportionnelle à $(105{,}63)^{\frac{5}{2}}$ pour le point M; celle à gauche, relative à P, sera également proportionnelle à $(94{,}37)^{\frac{5}{2}}$; ces forces seront donc entre elles

$$:: 1{,}3255 : 1;$$

on voit par ce calcul que la force déviatrice a une assez grande importance pour le projectile dont il s'agit.

Dans la branche descendante, si l'on suppose que la vitesse restante au point où $\delta = 5°$, soit de 65 mètres, les résistances seront entre elles

$$:: (70{,}63)^{\frac{5}{2}} : (59{,}37)^{\frac{5}{2}} :: 1{,}5437 : 1.$$

Les causes de déviation deviennent donc de plus en plus importantes dans la branche descendante, et finalement le mobile devra donc dévier à droite.

On voit par là que la dérivation qu'on croyait particulière aux projectiles allongés, s'étend également à la sphère, qui, après tout, n'en est qu'un cas particulier, mais qu'il faut, pour la rendre sensible, employer de gros projectiles et leur imprimer une vitesse de rotation considérable.

Pour diminuer la dérivation des gros projectiles lancés sous de grands angles, nous pensons qu'il faudrait réduire le diamètre de l'axe dans le sens de sa longueur de $\frac{1}{8}$ environ et ne leur imprimer qu'un mouvement de rotation très-lent, comme d'une révolution pour 10 mètres. Je crois qu'ainsi constituées les bombes seraient d'un tir très-correct.

Les projectiles sphériques sont un cas particulier des projectiles allongés, ce sont eux qui présentant le moins de surface, éprouvent le moins de dérivation, surtout quand un certain aplatissement ajoute à la stabilité de leur axe de rotation.

Occupons-nous maintenant des projectiles allongés et considérons d'abord ce qui se passe dans la branche ascendante de la trajectoire.

Soit un projectile ABCD, dont le centre de gravité

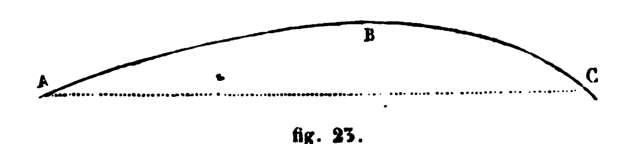


fig. 23.

décrit la trajectoire MN. Le point C, tournant de gauche à droite, se porte en avant de la quantité DE dans une direction parallèle à la tangente à la trajectoire, au point G, tandis que le point D remonte vers C en reculant de la quantité CF = DE, de sorte que si l'on appelle *u* la vitesse avec laquelle C avance et D recule. les vitesses avec lesquelles ces points choq

seront respectivement $v+u$ et $v-u$, et les résistances qu'ils éprouveront seront respectivement proportionnelles à $(v+u)^{\frac{5}{2}}$ et $(v-u)^{\frac{5}{2}}$.

Le même raisonnement s'applique évidemment à tous les points du mobile, et la résultante sera d'autant plus grande que la surface latérale du mobile aura plus d'étendue relativement à son volume.

La résistance de l'air étant plus grande à droite qu'à gauche du plan de tir, le mobile déviera à gauche dans la branche ascendante de la trajectoire; mais ces déviations seront d'autant moins sensibles que le projectile sera d'un plus faible diamètre et que l'angle du tir sera plus petit.

Une cause contribue d'ailleurs à maintenir ces déviations dans d'étroites limites, c'est qu'à l'origine du mouvement, l'axe de rotation coïncide avec la tangente à la trajectoire et qu'il s'en rapproche encore vers le sommet.

Lorsque le mobile est dans la branche descendante de sa trajectoire, les choses se passent d'une manière inverse, l'axe de rotation est au-dessous de

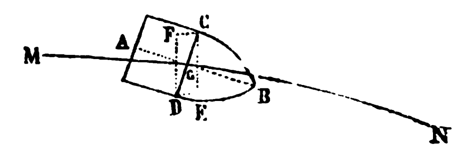


fig. 24.

la tangente à la courbe MN, le point C recule par

l'effet du mouvement de rotation, et sa vitesse de translation se trouve diminuée, tandis que le point D avance en remontant vers le haut en C; de là résulte que les points du projectile qui sont à la droite du plan de tir ayant moins de vitesse que ceux qui sont à la gauche, la résistance devra être plus grande à gauche qu'à droite, et par conséquent le mobile devra dévier à droite.

La quantité que nous appelons u est égale à $2n \times \mathrm{DE}$; et si l'on appelle δ l'angle que fait l'axe du mobile avec la tangente à la trajectoire, on aura

$$\mathrm{ECD} = \delta, \text{ et } \mathrm{DE} = \mathrm{CD} \sin \delta;$$

et en appelant D le diamètre du projectile, on aura

$$u = 2\, n\, \mathrm{D} \sin \delta.$$

Les inclinaisons du mobile étant plus grandes dans la branche descendante BC que dans la branche AB,

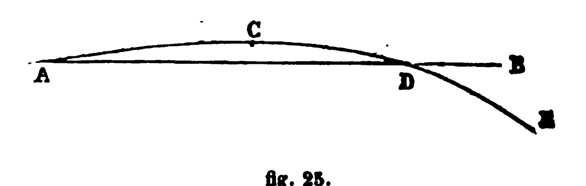


fig. 25.

on voit que le composante DE sera de plus en plus grande jusqu'à la limite qui doit amener le renversement du projectile.

De plus, la vitesse de rotation restant presque sans

altération, tandis que la vitesse de translation diminue rapidement, on voit que l'importance de DE dans les expressions $(v+u)^{\frac{5}{2}}$ et $(v-u)^{\frac{5}{2}}$ devient de plus en plus grande. D'où l'on doit conclure que la dérivation particulière à la branche descendante l'emportera d'autant plus sur celle propre à la branche ascendante que le projectile sera d'un plus grand diamètre, que l'angle de tir sera plus grand, la vitesse de translation plus faible, le mouvement de rotation plus rapide, et la portée plus grande.

Dans les expériences faites en Suède sur le boulet de 30, on a remarqué que les déviations les plus considérables répondaient aux plus grands angles de tir. En supposant le boulet de 16 centimètres de diamètre animé d'une vitesse de 460 mètres par seconde et faisant 122 tours dans le même trajet pour un angle dont le sinus serait de $\frac{1}{4}$, le point C avancerait de 2 centimètres pour un demi-tour ou de 4 centimètres pour un tour, et

$$122 \times 4 \text{ cent.} = 4^{m},88$$

serait l'accroissement de vitesse que la rotation communiquerait au point C. Les rapports des résistances à droite et à gauche du plan de tir seraient pour les points dont nous nous occupons:

$$\left(\frac{464,81}{455,12}\right)^{\frac{5}{2}} : 1 \text{ ou } :: 1,0547 : 1.$$

Pour un point de la branche descendante de même inclinaison, mais pour lequel la vitesse de translation

serait réduite à 200 mètres, le rapport des résistances à droite et à gauche du plan serait pour les points dont nous sommes occupés,

$$:: 1 : \left(\frac{204,88}{195,11}\right)^{\frac{1}{2}} :: 1 : 1,6303;$$

ainsi pour la branche ascendante, la différence entre les résistances de chaque côté du plan est de $\frac{1}{11}$ au moins, tandis que dans la branche descendante cette différence est de $\frac{1}{8}$ au moins, et au lieu d'être comprise entre deux limites où elle est nulle, elle croît jusqu'au renversement du projectile.

Pour arriver à détruire la dérivation dans les projectiles allongés, il faut qu'il existe entre leur vitesse de translation et celle de rotation un rapport convenable, de manière que le balancement du mobile produit par la résistance de l'air sur les cannelures, fig. 17, devienne le correctif de la position défectueuse de l'axe de rotation. On conçoit que d'après ce qui a été expliqué ci-dessus, les oscillations du mobile l'élèvent et l'abaissent de quantités à peu près égales au-dessus et au-dessous de la tangente à la trajectoire, les causes de dérivations seront annulées à chaque oscillation, le centre de gravité décrira une spirale très-allongée, à peine sensible, et il n'y aura pas de dérivation.

La balle actuelle et celle à culot jouissent de cette propriété dans les armes rayées au pas de 2 mètres; mais on conçoit que si on voulait donner à la balle

une vitesse de rotation plus forte, l'amplitude des oscillations diminuerait et les dérivations deviendraient apparentes, c'est ce qui a été remarque à Vincennes, lorsqu'on a essayé des fusils rayés au pas de 1 mètre et de 1^m,30.

La pierre de touche de la théorie que nous venons d'exposer serait le tir sous de grands angles d'un mortier rayé, de gros calibre, lançant avec de faibles vitesses des mobiles légers, doués d'un mouvement de rotation très-rapide. En jalonnant la direction du tir, il serait facile de voir si les dérivations dont nous venons de parler (1) ont lieu réellement et de la manière que nous venons d'indiquer.

DE

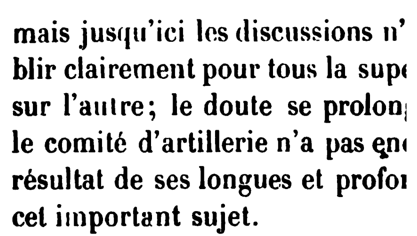
QUELQUES EFFETS

DES

PETITS

PROJECTILES CREUX.

Le système d'artillerie de campagne proposé par M. le Président de la République tend à faire une révolution dans l'emploi des projectiles creux à la guerre. Les lourds obus de 14 centimètres et 15 centimètres, animés d'une faible vitesse, y sont remplacés par l'obus de 12 centimètres beaucoup plus léger et doué d'une vitesse initiale considérable. Cette innovation a provoqué, entre les partisans des gros calibres et ceux des petits, une discussion sur les avantages et les inconvénients du système d'artillerie actuel comparé à ceux de celui qui est proposé;


mais jusqu'ici les discussions n'
blir clairement pour tous la sup
sur l'autre; le doute se prolon
le comité d'artillerie n'a pas en
résultat de ses longues et profo
cet important sujet.

Il nous semble que, dans ce
che rationnelle à suivre pour s
nements de l'habitude ou de l'i
juger en comparant les systèm
tème normal; celui qui en app
évidemment le plus parfait.

La difficulté revient donc à
normal qui soit indépendant d
idées individuelles. Le moyen p
suffirait simplement de le dédu
plis dans les grandes guerres d
l'Empire.

On y parviendrait évidemme
paré de la composition des éq
de l'emploi des diverses bouch
et bouches à feu dont on a fa
usages, de celles que les génér
ils avaient le choix, etc.

De là on déduirait évidemme
propres à la détermination rati
normal de campagne.

En attendant que la question i
à feu de campagne soit résol

d'après l'expérience, il est bon que chacun contribue à cette solution.

C'est dans cette intention que nous faisons connaître la note suivante du savant professeur Lombard, extraite du manuscrit que nous avons pu sauver des mains des épiciers d'Auxonne; elle a pour titre: *Nouveau genre de tir à employer dans la guerre de campagne.*

EMPLOYER DANS LA GUERRE I

« Des expériences que j'avais ent
ques objets relatifs à l'usage de l
défense, m'ont fourni, chemin fai
que je crois utiles, et dont on pour
les circonstances actuelles.

Je m'étais proposé d'acquérir q
sances sur le choc des corps creu
ployé pour cela des grenades du
je tirais avec des pièces de bataille.
en blanc d'un de ces mobiles, pe
avec une charge d'une livre et demi
trouvée de 270 toises. Leur force
grenade tirée à 40 toises d'un sa
était parfaitement sain, avec trois
poudre, a percé la partie antérieu

On sait combien les grenades, dont les éclats ont une sphère d'activité de cinq toises au moins de rayon, sont inquiétantes dans un siége; on sait aussi combien les armes qui réunissent à la force du choc celle de l'explosion des mobiles, produisent des effets meurtriers à la guerre: tels sont les obusiers dont tout le monde connaît les avantages. J'ai pensé qu'on pourrait multiplier ce genre de tir dans la guerre de campagne, en chargeant les pièces de 4 avec des grenades de même calibre; ces mobiles, après avoir frappé ce qui se rencontrerait sur leur route, auraient, à de grandes distances, les propriétés dont jouissent les cartouches à balles, mais à des distances plus rapprochées; et en effet une grenade qui ne renfermait que deux onces de poudre, à cause d'un culot d'une demi-livre de plomb que j'y avais coulé, m'a fourni quatorze éclats, dont presque tous pesaient un quart (expérience du 6 novembre). On pourrait donc employer ces mobiles avec succès contre des troupes en bataille, ou placées derrière des retranchements (1). Ils seraient bons pour jeter le désordre dans une ligne ou dans une colonne de cavalerie; et même, s'il s'agissait de détruire des parapets en terre, contre

(1) Par *retranchements*, j'entends en outre tous les postes que l'infanterie peut occuper en campagne: comme églises, maisons, moulins, etc., et dont elle serait bientôt débusquée; car les grenades, dont il est ici question, auraient assez de force pour y pénétrer, en ayant soin de les diriger contre les fermetures.

lesquels un boulet de 4 n'a presque point d'action, l'explosion seule des grenades les ruinerait dans peu de temps.

En outre, en portant une pièce de 4 un peu sur le flanc de la ligne ennemie, et y prenant une position favorable, on chercherait à tirer contre les caissons et à y mettre le feu. L'artillerie légère serait très-propre à exécuter cette opération ; je ne crois pas qu'elle ait jamais été tentée. On a seulement l'exemple de quelques obus qui ont *par hasard* fait sauter des caissons, comme à l'affaire de Corbach, en 1761, ce qui occasionna beaucoup de fracas et fit perdre du monde au régiment d'Auvergne qui en était proche. Outre l'épouvante et les dégâts qui accompagnent une pareille explosion, certes la perte d'un ou plusieurs caissons n'est pas de peu d'importance en campagne.

L'incertitude et l'irrégularité du tir des grenades avec les pièces de bataille, irrégularité qui provient en partie du vice de leur fabrication, a sans doute détourné de l'idée que ce tir pût être utile ; voici, d'après quelques essais, le moyen de le rendre moins vague, et de faire qu'il soit à même de remplir les deux objets dont nous venons de parler.

Pour parvenir à tirer avec justesse contre des caissons, des magasins à fourrage, etc., comme il ne s'agit ici que de mettre le feu, j'ai imaginé de remplir les grenades de plomb, et d'y forer dans le milieu un logement pour pouvoir battre une composition

pareille à celle des lances à feu, ou pour y placer tout simplement un bout de lance. Une grenade du calibre de 4, ainsi préparée, pèse au moins autant qu'un boulet de même calibre. Le feu ne manque jamais de prendre à la composition ; elle fournit un gros jet, qui a près de six pouces de longueur et qui dure 30 à 36 secondes. On n'aurait besoin pour



cette opération que d'employer de petites charges; il suffit effectivement que la grenade puisse percer et se loger.

Lorsqu'on serait dans le cas de tirer des grenades pour les faire éclater, on leur donnerait une certaine stabilité au moyen d'un culot en plomb, placé perpendiculairement à l'axe passant par l'œil de la grenade, le vide restant serait rempli de poudre. On adapterait ensuite à ce mobile une fusée à composition lente, que l'on aurait soin de chasser avec force, pour qu'elle fût parfaitement assujettie; et c'est une attetion particulière qu'il faut avoir d'empêcher que la fusée ne se détache par l'impulsion que reçoit le mobile.

D'après ce que nous venons de dire, les caissons de campagne pourraient être approvisionnés comme il suit : $\frac{1}{3}$ de grenades ensabotées, dont moitié de chaque espèce; $\frac{1}{3}$ de boulets, et $\frac{1}{3}$ de cartouches à balles.

Au mal réel qui résulterait du genre de tir que nous proposons se joindrait l'effet moral, plus dangereux encore, qui ne manque jamais de produire sur l'esprit du soldat une pratique nouvelle employée à la guerre ; et l'on sait combien la seule appréhension d'un danger qu'on n'a point encore éprouvé, a d'influence sur le succès d'une action.

MARTIN DE BRETTES.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE 20e VOLUME DE LA 4e SÉRIE.

N° 7.

N° 8.

BIBLIOGRAPHIE.

N° 9.

N° 10.

FIN DE LA TABLE DU TOME 20e DE LA 4e SÉRIE.

PARIS. — TYP. DE U. V. DE [illegible], 37.



Stanford University Libraries
3 6105 015 329 555

